



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CAMPUS DIADEMA



SIMONE RODRIGUES BUENO

**AUMENTO DA EFICIÊNCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS
(OEE) DE UMA LINHA DE ENVASE DE MAQUIAGEM DE
UMA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS**

DIADEMA

2020

SIMONE RODRIGUES BUENO

**AUMENTO DA EFICIÊNCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS
(OEE) DE UMA LINHA DE ENVASE DE MAQUIAGEM DE
UMA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química, ao Instituto de
Ciências Ambientais, Químicas e
Farmacêuticas da Universidade Federal de
São Paulo – Campus Diadema.

Orientador: Viktor Oswaldo Cárdenas
Concha

Coorientador: Rogério Scabim Morano

DIADEMA

2020

Dados Internacionais da Catalogação na Publicação (CIP)

Bueno, Simone Rodrigues

Aumento da eficiência global dos equipamentos (OEE) de uma linha de envase de maquiagem de uma indústria de cosméticos / Simone Rodrigues Bueno. -- Diadema, 2020.
81 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Paulo - Campus Diadema, 2020.

Orientador: Viktor Oswaldo Cárdenas Concha
Coorientador: Rogério Scabim Morano

1. Aumento de OEE. 2. Six Sigma. 3. DMAIC. 4. SMED. 5. Indústria de cosméticos. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas, Campus Diadema da Universidade Federal de São Paulo, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

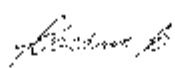
SIMONE RODRIGUES BUENO

**AUMENTO DA EFICIÊNCIA GLOBAL DOS
EQUIPAMENTOS (OEE) DE UMA LINHA DE ENVASE
DE MAQUIAGEM DE
UMA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS**

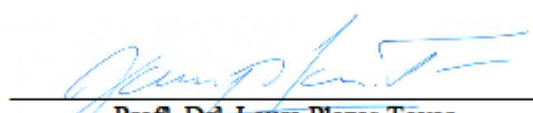
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química, ao Instituto de
Ciências Ambientais, Químicas e
Farmacêuticas da Universidade Federal
de São Paulo – Campus Diadema.

Aprovado em: 16/10/2020

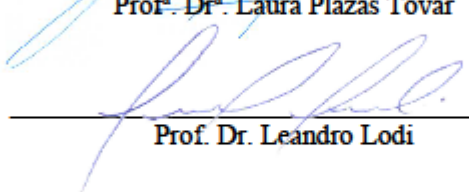
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Viktor Oswaldo Cárdenas Concha
Orientador



Prof. Dr. Laura Plazas Tovar



Prof. Dr. Leandro Lodi

Diadema (SP)
2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, que me deu condições e forças para completar a graduação e iniciar a minha carreira profissional da melhor forma possível.

Aos meus pais Ida e Hermes que são responsáveis pela construção da minha educação e que me apoiaram em cada passo desta jornada. A eles que sempre se dedicaram muito à minha educação, hoje eu dedico esta conquista, que não é só minha, mas sim nossa.

Ao meu namorado Lucas Kenji pelo companheirismo e compreensão de sempre. Por me apoiar em todas as minhas decisões, dividir todos os momentos e tornar cada passo da minha jornada mais leve.

Aos amigos que cresceram comigo, Fabiana, Aline e Thiago, que sempre estiveram presentes em todos os momentos da minha vida, e que sempre foram uma família para mim.

A minha querida amiga Aline Collet, que admiro muito por toda a força e delicadeza, e que apesar da distância sempre esteve presente em todos os momentos.

Aos meus amigos da UNIFESP, que durante os seis anos de graduação dividiram comigo alegrias, tristezas, angústias e conquistas, e que agora tenho o orgulho de dizer que os levarei para a vida toda.

A todo o time da fábrica da empresa estudada, que me acolheu tão bem e me ensinou tanto, e em especial ao coordenador Marcos Barbosa, por contribuir para meu desenvolvimento profissional e apoiar o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Num contexto de mudanças constantes e competitividade acirrada entre as indústrias manufatureiras do mundo todo, só sobrevivem as empresas capazes de entregar produtos de qualidade com rapidez, qualidade e baixo custo por meio de uma produção eficiente e enxuta. Assim, é necessário identificar e eliminar perdas produtivas tais como quebras, paradas para ajustes, velocidade reduzida, retrabalho, entre outras. O conceito de manutenção produtiva total (TPM), lançado por Nakajima nos anos 80 como meio de melhoria da produtividade das linhas, fornece uma métrica quantitativa chamada eficiência geral do equipamento, ou *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), capaz de medir perdas de disponibilidade dos equipamentos, desempenho e qualidade da produção. Por este motivo, o OEE se faz especialmente importante e amplamente utilizado como *Key Performance Indicator* (KPI) para mensurar melhorias realizadas nos equipamentos. Em vista disso, o presente trabalho objetivou o aumento de produtividade de uma linha de envase de maquiagem de uma indústria de cosméticos em um cenário de aumento de demanda significativo e necessidade de redução de custos. Ele foi realizado utilizando a metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) do *Six sigma*, uma das metodologias mais utilizadas para melhoria de processos. O objetivo principal foi o aumento da eficiência global do equipamento (OEE) da linha de produção de 66,1% para 70% por meio da redução das principais perdas da linha, que são: ajustes, *set-up*, tempo de partida/desligamento e *changeover*. Os resultados reportados foram um OEE de 75,2%, portanto acima da meta, com a redução das principais perdas citadas em 39% quando comparado com a % dessas perdas no início do projeto, o que sugere o sucesso da aplicação da metodologia DMAIC e do trabalho como um todo.

Palavras-chave: aumento de OEE, *Six sigma*, DMAIC, SMED, indústria de cosméticos.

ABSTRACT

In a context of constant changes and fierce competitiveness among manufacturing industries worldwide, only companies capable of delivering quality products with speed, quality and low cost through efficient and lean production survive. For that, it is necessary identify and eliminate productive losses such as breaks, stops for adjustments, reduced speed, rework, among others. The concept of Total Productive Maintenance (TPM), launched by Nakajima in the 1980s as a way of improving the productivity of the lines, provided a quantitative metric called Overall Equipment Effectiveness (OEE), able to measure losses of equipment availability, performance and production quality. For that reason, the OEE is especially important and widely used as a Key Performance Indicator (KPI) to measure improvements made in equipment. In view of this, the present work came up with the need to increase the productivity of a make-up packaging line of a cosmetics industry in a scenario of significant demand increase and the need to reduce costs. It was accomplished using the DMAIC methodology (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) from Six sigma, one of the most used methodologies for process improvement. The main objective was to increase the Overall Equipment Efficiency (OEE) of the production line from 66.1% to 70% by reducing the main losses of the line, which are: adjustments, set-up, start/stop time and changeover. The final result achieved was an OEE of 75.2%, therefore above the target, with the reduction of the main losses mentioned by 39% in relation to the % of these losses at the beginning of the project, which suggests the successful application of DMAIC, SMED and ECRS methodologies, as well as the work as a whole.

Keywords: OEE increase, Six sigma, DMAIC, SMED, cosmetics industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Os Pilares do TPM	18
Figura 2: Cálculo do OEE.....	21
Figura 3: Matriz esforço-impacto.....	36
Figura 4: <i>Layout</i> da linha E70	41
Figura 5: Diagrama de blocos representativo do fluxo do processo de produção da linha E70.	42
Figura 6: Gráfico comparativo da média de OEE das linhas produtivas da companhia estudada do período de janeiro de 2019 a julho de 2019.	45
Figura 7: Perdas (em horas) das linhas de produção das linhas fábrica no período de janeiro a julho de 2019.....	46
Figura 8: Gráfico de Pareto das perdas da linha E70 (período de janeiro de 2019 a julho de 2019)	47
Figura 9: Cronograma do projeto.	48
Figura 10: % Perda de ajustes por equipamento (07/2018 a 07/2019).	49
Figura 11: Perda (acumulado em h) na envasadora (01/2019 a 07/2019).	50
Figura 12: Perda (acumulado em h) na tampadora (01/2019 a 07/2019).	50
Figura 13: Perda (acumulado em h) na “shrincadora” (01/2019 a 07/2019).	51
Figura 14: Perda (acumulado em h) na etiquetadora (01/2019 a 07/2019).	51
Figura 15: Mapeamento da situação inicial do <i>set-up</i> e gráfico do tempo para realização de cada atividade.....	52
Figura 16: Estratificação da perda de partida/desligamento (07/2018 a 07/2019).	53
Figura 17: Ilustração do mapeamento do fluxo dos tachos.....	54
Figura 18: Análise da perda por ajuste de peso na envasadora utilizando a ferramenta dos 5 porquês.	56
Figura 19: Gráfico % perda na tampadora por família (07/2018 a 07/2019).	57
Figura 20: Desalinhamento na transferência da tampa de pincel do cap in head para o mandril.	58
Figura 21: Medições do cap in head da tampadora.	58
Figura 22: Análise da perda por variação na aplicação de <i>shrinks</i> na “shrincadora” utilizando a ferramenta dos 5 porquês.	59

Figura 23: Diagrama causa e efeito para falha na aplicação de etiquetas.	60
Figura 24: Pontos da etiquetadora que geram falha na aplicação de etiquetas.	60
Figura 25: Matriz de-para com a informação de quais atividades externas podem ser antecipadas antes do início do <i>set-up</i>	67
Figura 26: Distribuição da equipe na linha antes do início do <i>set-up</i>	69
Figura 27: Identificação dos locais onde podem ser utilizados manípulos para reduzir o tempo de <i>set-up</i>	70
Figura 28: Análise da perda de tempo na preparação do FI por meio da ferramenta dos 5 porquês.	71
Figura 29: Mapeamento do processo de limpeza do tacho.	72
Figura 30: Priorização das ações geradas por meio da utilização da ferramenta matriz esforço-impacto.	73
Figura 31: Plano de ação com responsável e prazo de execução.	74
Figura 32: Gráfico da evolução da % perda de ajustes, <i>set-up</i> , tempo de partida/desligamento e <i>changeover</i> ao longo do projeto.	75
Figura 33: Gráfico da evolução do OEE (%) ao longo do projeto.	75
Figura 34: Gráfico da redução do tempo médio de <i>set-up</i> e <i>changeover</i> resultante do projeto.	77
Figura 35: Ferramentas utilizadas no controle do projeto divididas por tipo de controle.	77
Figura 36: Formulário de monitoramento diário da % perda em ajustes.	79
Figura 37: Formulário de monitoramento diário do tempo médio de <i>set-up</i> e <i>changover</i>	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Passos da Manutenção Autônoma e seus Objetivos.....	19
Tabela 3: Atividades externas tratadas erroneamente como internas pela equipe da linha durante o <i>set-up</i>	62
Tabela 4: Atividades que podem ser feitas interna ou externamente dependendo das características do produto anterior e do que entrará em linha.	65
Tabela 5: Lista de atividades que podem ser otimizadas por meio da aplicação do ECRS.	67

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	13
1.2	Objetivos	14
1.3	Considerações da Pesquisa	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	<i>Total Productive Maintenance</i> (TPM)	16
2.1.1	Pilares do TPM	17
2.1.2	Passos da Manutenção Autônoma	18
2.2	Eficiência Global do Equipamento (OEE)	20
2.3	Perdas na produção	23
2.4	<i>Six sigma</i>	26
3	METODOLOGIA	29
3.1	Caracterização da empresa estudada	29
3.2	Caracterização da linha estudada	30
3.3	Metodologia DMAIC	31
3.3.1	Definir	32
3.3.2	Medir	33
3.3.3	Analisar	34
3.3.4	Implementar Melhorias	35
3.3.5	Controlar	37
3.4	Metodologia SMED (<i>Single Minute of Die</i>)	37
3.4.1	Estágio preliminar: atividades internas e externas não são distintas	38
3.4.2	Estágio 1: Separando <i>set-up</i> interno e externo	39
3.4.3	Estágio 2: Convertendo <i>Set-up</i> interno em externo	39
3.4.4	Estágio 3: Simplificando todos os aspectos da operação de <i>set-up</i>	39
3.5	Metodologia ECRS	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1	Descrição do processo	41
4.2	Detalhamento e discussão das fases do DMAIC	44
4.2.1	Definir	45
4.2.2	Medir	49
4.2.3	Analisar	55
4.2.4	Implementar Melhorias	73
4.2.5	Controlar	75

5	CONCLUSÃO FINAL	81
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

A indústria de transformação experimentou um grau de mudança sem precedentes nas últimas três décadas, envolvendo mudanças drásticas nas abordagens de gestão, tecnologia de produtos e processo, expectativas dos clientes, atitudes dos fornecedores, bem como comportamento competitivo (AHUJA et al., 2006). Na atualidade altamente dinâmica e num ambiente de mudança rápida, a competição global entre organizações levou a demandas mais altas nas organizações de manufatura (MIYAKE, ENKAWA, 1999 apud AHUJA, KHAMBA, 2008).

O mercado global em rápida mudança exige melhorias na performance da empresa concentrando-se no corte de custos, aumento os níveis de produtividade, qualidade e garantia de entrega para satisfazer os clientes (RAOUF, 1994 apud AHUJA, KHAMBA, 2008). Isso seria possível se as perdas de produção fossem identificadas e eliminadas para que os fabricantes possam trazer seus produtos ao mercado com custo mínimo (MUCHIRI; PINTELON, 2008). Essa situação levou à necessidade de um sistema de medição de desempenho rigorosamente definido e capaz de levar em consideração diferentes elementos importantes da produtividade em um processo de fabricação (MUCHIRI; PINTELON, 2008).

O conceito de manutenção produtiva total (TPM), lançado por Nakajima (1988) nos anos 80, forneceu uma métrica quantitativa chamada eficácia geral do equipamento ou *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) para medir a produtividade de equipamentos individuais em uma fábrica. Ele identifica e mede perdas de aspectos importantes da fabricação, como disponibilidade, desempenho e taxa de qualidade. Isso suporta a melhoria da eficácia do equipamento e, portanto, sua produtividade. O conceito OEE está se tornando cada vez mais popular e tem sido amplamente utilizado como uma ferramenta quantitativa essencial para a medição de produtividade no mundo todo (HUANG et al., 2003 apud MUCHIRI; PINTELON, 2008).

Muitas vezes, alcançar maior produtividade e levar seu produto ao mercado com um custo mínimo não é possível devido a vários fatores relacionados a problemas

de capacidade e problemas relacionados ao desempenho de máquinas, como quebra de máquinas, pequenas paradas, manutenção não planejada, velocidade reduzida, rejeição de qualidade, retrabalho etc. Em tal situação, é feito um investimento na compra de novos equipamentos, no aumento de turnos e no aumento do horário de trabalho, etc., fazendo com que os executivos sejam sensíveis a todos os aspectos dos custos operacionais de fabricação (SOWMYA, CHETAN , 2016)

A metodologia *Six sigma*, uma ferramenta de gestão da qualidade, é comumente aplicada para melhorar a performance da produção. O *Six sigma* vem para trazer as melhorias necessárias para a empresa e elevar seu patamar de qualidade e custo reduzindo desperdício por meio da produção de produtos e serviços melhores, mais rápidos e mais baratos, retomando assim sua competitividade no mercado. Em termos mais tradicionais, o *Six sigma* se concentra na prevenção de defeitos, redução do tempo de ciclo e economia de custos. Ao contrário dos programas irracionais de corte de custos que reduzem valor e qualidade, o *Six sigma* identifica e elimina custos que não agregam valor aos clientes, custos de desperdício (PYZDEK, 2000).

Sabendo disso, este trabalho foca na implementação da metodologia DMAIC do *Six sigma* para aumento do OEE de uma linha de produção, buscando assim maior produtividade e performance sem abrir mão da qualidade na produção.

1.2 Objetivos

Este trabalho teve como principal objetivo o estudo do aumento da eficiência global dos equipamentos (OEE) de uma linha de produção de maquiagem de uma indústria de cosméticos de 66,1% para 70% por meio da aplicação do método DMAIC. Para isto, o trabalho é focado na redução das principais perdas da linha, que são: ajustes, *set-up*, tempo de partida/desligamento e *changeover*.

1.3 Considerações da Pesquisa

Os resultados apresentados por este trabalho estão limitados à planta, linha e produtos estudados.

O trabalho foi desenvolvido na linha denominada E-70, na planta fabril da indústria de cosméticos em São Paulo – SP. É importante lembrar que todos os resultados obtidos por esta pesquisa podem variar quando comparados a outras indústrias com diferentes processos produtivos.

Além disso, também pode-se destacar que o resultado obtido pode se diferenciar de outros estudos semelhantes aplicando a metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implantar, Controlar) visto que as variáveis encontradas na linha estudada podem ser diferentes às de outros estudos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Total Productive Maintenance (TPM)*

A literatura tem revelado que organizações manufatureiras do mundo todo vêm enfrentando diversos desafios para atingir uma operação bem-sucedida no ambiente competitivo atual. As fábricas modernas precisam ser sustentadas por práticas e procedimentos de manutenção efetivos e eficientes. Nas últimas duas décadas, organizações manufatureiras têm usado diferentes maneiras de aperfeiçoar a eficácia da manutenção. Uma forma de aperfeiçoar a performance de atividades de manutenção é implementar e desenvolver uma estratégia TPM. A implementação da metodologia TPM proporciona organizações guiadas para transformar fundamentalmente o chão de fábrica por meio da integração de cultura, processo e tecnologia (AHUJA; KHAMBA, 2008).

TPM tem sido amplamente reconhecida como uma arma estratégica para aperfeiçoar a performance da manufatura por meio do aprimoramento da efetividade de produção e de melhorar a performance de manutenção para garantir o sucesso em uma área de alta demanda de mercado (AHUJA, KHAMBA, 2008).

As indústrias de processo do Japão introduziram uma manutenção preventiva (PM) relativamente cedo porque o rendimento e padrão de produção, qualidade, segurança e o ambiente dependem quase que totalmente do estado da planta e do equipamento. Os sistemas de manutenção de prevenção e produção introduzidos pelas indústrias de processo japonesas são de grande importância na melhoria da qualidade do produto e produtividade. Eles contribuíram significativamente para um progresso total em gerenciamento de manutenção e perícia em tais áreas como a introdução de organizações de manutenção especializadas, criação de sistemas de gerenciamento de equipamentos, melhoria em tecnologia de equipamentos, e crescimento de produtividade de manutenção (SUZUKI, 1994).

Para Nakajima (1989), TPM é uma filosofia japonesa baseada em conceitos e metodologias de manutenção preventiva. Foi introduzida inicialmente por um fornecedor da Toyota Motor Company, chamado Nippon Denso Co. Ltda of Japan, no

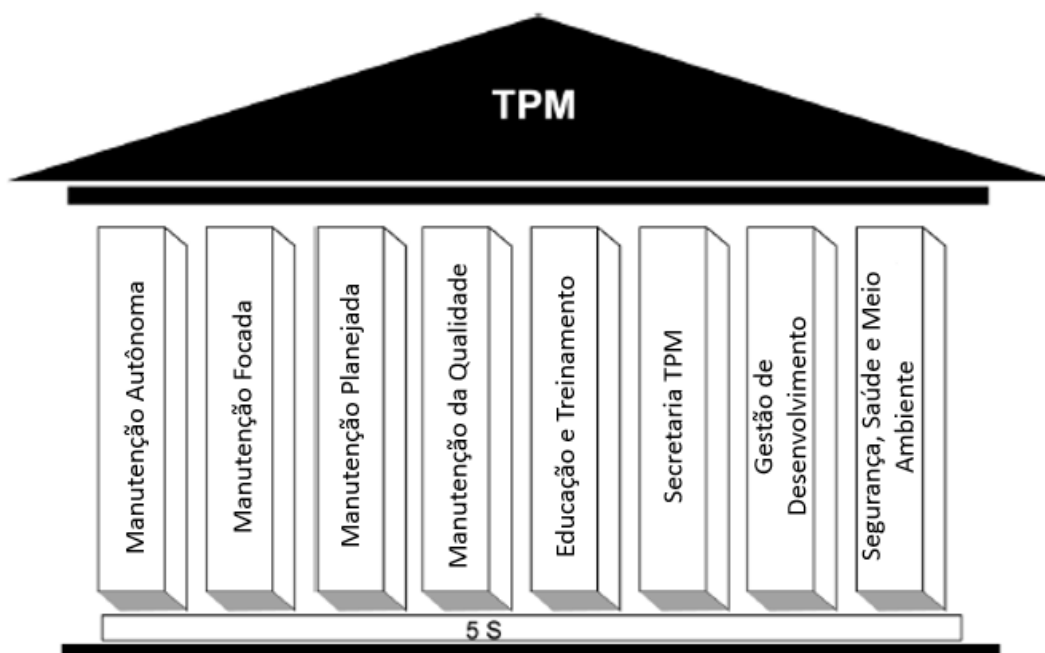
ano de 1971. A Manutenção Produtiva Total é considerada uma ferramenta inovadora de manutenção para otimizar a eficiência de equipamentos, eliminar quebras e promover a manutenção autônoma da operação em atividades do dia a dia envolvendo todos os trabalhadores (BHADURY, 2000 apud JAIN; BHATTI; SINGH, 2014).

As principais características da TPM são a busca pela eficiência econômica (ou lucratividade), manutenção preventiva, aprimoramento da manutenibilidade e total participação de todos os funcionários. As maiores conquistas de uma implantação bem-sucedida da TPM em uma organização incluem menores custos de produção, maior tempo de vida útil dos equipamentos e menores custos de manutenção geral. Isso porque TPM procura maximizar a efetividade do equipamento durante a vida útil do mesmo. [...] Ela busca manter o equipamento em sua condição ótima para prevenir quebras, perdas de velocidade e defeitos de qualidade provenientes de atividades do processo. Há portanto três objetivos finais da TPM: zero defeitos, zero acidentes e zero quebras (AHUJA; KHAMBA, 2008).

2.1.1 Pilares do TPM

As práticas básicas do TPM são comumente chamadas de oito pilares ou elementos do TPM, e todo o edifício do TPM é construído e sustentado por estes oito pilares. A metodologia abre caminho para excelentes práticas de controle, planejamento e organização por meio de sua metodologia única de oito pilares. As principais iniciativas classificadas nos oito pilares para atingir a performance da manufatura estão representadas na Figura 1: Os Pilares do TPM (AHUJA; KHAMBA, 2008).

Figura 1: Os Pilares do TPM



Fonte: Adaptado de (AHUJA, I.P.S, KHAMBA, J.S., 2008).

Há uma variedade de ferramentas tradicionalmente usadas para melhoria da qualidade. Estas promovem uma maneira fácil de implantar atividades de organização e promoção do TPM envolvendo 100% dos funcionários de forma contínua. Algumas destas ferramentas de análise e resolução de problemas relacionados a processos e equipamentos são: Análise de Pareto, Controle estatístico de Processo (SPC), Técnicas de Solução de Problemas (*Brainstorming*, Diagramas de Causa-Efeito e Abordagem 5M), Solução de Problemas em Equipe, Sistemas Poka-Yoke, Manutenção Autônoma, Melhoria Contínua, 5S, Redução do Tempo de *Set-up*, Redução de Desperdícios, Análise de Bottleneck e Programa de Reconhecimento e Simulação (JOSTES; HELMS, 1994 apud AHUJA; KHAMBA, 2008).

2.1.2 Passos da Manutenção Autônoma

A manutenção autônoma é implementada em sete passos, começando com a limpeza inicial, e prosseguindo regularmente em direção ao auto gerenciamento. Ele promove o estabelecimento de condições ótimas de processos por ciclo através da

gestão de melhoria contínua (CAPD). A Tabela 1: **Passos da Manutenção Autônoma e seus Objetivos** resume os passos da manutenção autônoma apresentados por (SUZUKI, 1994).

Tabela 1: Passos da Manutenção Autônoma e seus Objetivos

Passo	Objetivos da Atividade
1. Realizar a limpeza inicial	<ul style="list-style-type: none"> • Prevenir deterioração acelerada através da eliminação de tensão ambiental de pó e sujeira; • Aumentar a qualidade do trabalho de verificação e de reparo através da eliminação de pó e sujeira; • Estabelecer as condições básicas do equipamento; • Expor e tratar os defeitos escondidos.
2. Identificar as fontes de contaminação e lugares inacessíveis	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar a confiabilidade do equipamento pelo controle e prevenção das fontes de poeira e sujeira; • Aumentar a preservação melhorando a limpeza, verificação e lubrificação; • Criar equipamento que não exija trabalho manual
3. Estabelecer padrões de limpeza e inspeção	<ul style="list-style-type: none"> • Amparar as três condições básicas para manter o equipamento e prevenir a deterioração (limpeza, lubrificação e aperto); • Realizar verificação precisa por meio de controles visuais como placas com nomes dos equipamentos e range de operação.
4. Conduzir a inspeção geral do equipamento	<ul style="list-style-type: none"> • Melhorar a confiabilidade pela realização de inspeção geral e inversão de deterioração para cada categoria de equipamento (porcas, e parafusos, sistemas de impulsão, etc.); • Permitir que qualquer pessoa realize a inspeção de confiabilidade através da introdução dos controles visuais.
5. Realizar a inspeção geral do processo	<ul style="list-style-type: none"> • Melhorar a estabilidade total e a segurança dos processos através da operação correta; • Afiar a precisão da inspeção do processo pela extensão e melhoria dos

	controles visuais. Exemplo: indicadores do conteúdo de tubulações e a direção de fluxo;
	<ul style="list-style-type: none"> • Modificar o equipamento para torná-lo mais fácil de operar.
6. Manutenção autônoma sistêmica	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer um sistema de qualidade de manutenção; • Revisar e melhorar a planta e o plano do equipamento; • Padronizar a manutenção e o controle do equipamento de transporte, peças de reserva, ferramentas, processo no trabalho, produtos finais, etc. • Introduzir controles visuais para tudo na área de trabalho.
7. Gestão autônoma	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar as informações de várias maneiras para melhorar o equipamento e aumentar a confiabilidade, segurança, manutenibilidade, qualidade e operabilidade; • Padronizar as melhorias dos equipamentos e estender a vida do equipamento e verificar os intervalos usando informação sólida para apontar os pontos fracos.

Fonte: Adaptado de Suzuki (1994).

2.2 Eficiência Global do Equipamento (OEE)

É uma das condições básicas de uma boa gestão possuir um conjunto de indicadores representativos do desempenho da fábrica e das operações em geral. Maximizar a operacionalidade e o desempenho dos equipamentos em termos de eficiência e qualidade, deve ser um objetivo permanente dos gestores das operações das unidades industriais, de transportes, telecomunicações e de todas as empresas cuja produção dependa principalmente do bom desempenho dos equipamentos (SILVA, 2013).

É neste contexto que se enquadram as diversas abordagens existentes para medir o desempenho dos equipamentos, sendo reconhecido por inúmeros autores e organizações, a nível mundial, que o melhor meio de medir a eficácia dos equipamentos durante o seu funcionamento, é o indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). (SILVA, 2013)

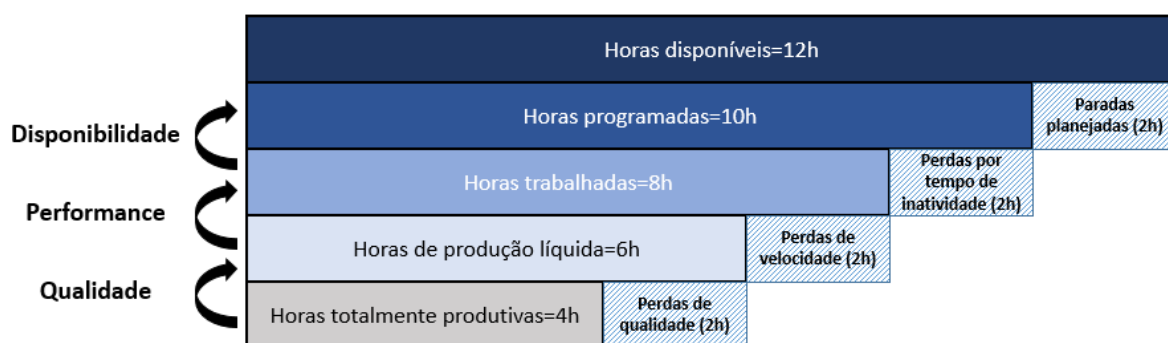
Overall Equipment Effectiveness ou Eficiência global do equipamento (OEE) é uma hierarquia métrica proposta por Seiichi Nakajima para medir a performance do equipamento em uma fábrica. Ele nasceu como a espinha dorsal da Manutenção Produtiva Total (TPM) e em seguida, de outras técnicas empregadas em programas de gerenciamento de ativos, *Lean Manufacturing*, *Six sigma*, *World Class Manufacturing* (DE FELICE et. al, 2013).

O OEE tem como objetivo principal analisar e melhorar o processo produtivo, pois mostra o quão bem a companhia está utilizando seus recursos quando se diz respeito a equipamento, trabalho e à capacidade de satisfazer o consumidor em termos de entrega de produtos de qualidade. Desta forma, ele é dividido em três métricas de medição: Disponibilidade (D), Performance (P) e Qualidade (Q) (SOWMYA; CHETAN, 2016).

$$OEE = D \times P \times Q \quad (1)$$

A Figura 2 abaixo, adaptada de (GIBBONS, P. M. et al., 2010) ilustra como é feito o cálculo do OEE da perspectiva de cada uma das métricas de medição por meio de um exemplo.

Figura 2: Cálculo do OEE



Fonte: (GIBBONS, P. M. et. Al.,2010).

Disponibilidade é a porcentagem relacionada à quantidade de tempo que a máquina está trabalhando em relação ao tempo total de trabalho programado.

$$D = \frac{\text{Horas trabalhadas}}{\text{Horas programadas}} \quad (2)$$

No exemplo temos que $D=(8/10) \times 100\%=80\%$.

A performance é a relação percentual entre a quantidade de horas de produção líquida e a quantidade de horas trabalhadas.

$$P = \frac{\text{Horas de produção líquida}}{\text{Horas trabalhadas}} \quad (3)$$

No exemplo: $P=(6/8) \times 100\%=75\%$.

E por fim, a qualidade é medida comparando-se a quantidade de tempo que foram produzidas peças boas em relação a todo o tempo de produção líquida.

$$Q = \frac{\text{Horas totalmente produtivas}}{\text{Horas de produção líquida}} \quad (4)$$

No exemplo: $Q=(4/6) \times 100\%=66\%$

Calculando o OEE pela Equação (1) do exemplo dado tem-se que:

$$OEE = 80\% \times 75\% \times 66\% = 40\%$$

Um OEE de 100% é uma produção perfeita: fabricando somente peças boas, o mais rápido possível e sem tempo de inatividade, o que é praticamente impossível no contexto industrial (SOWMYA; CHETAN, 2016). Estudos indicam que a taxa média de OEE nas fábricas é 60%. Um OEE de 85% a 92% é considerado alto nível. (DE FELICE et. al., 2013) Um OEE de 40% não é incomum para empresas que estão começando a rastrear e melhorar seu desempenho de manufatura. É uma pontuação baixa e, na maioria das vezes pode ser facilmente aprimorada por meio de medidas diretas (por exemplo, rastreando os motivos de tempo ocioso e abordando as maiores fontes de tempo ocioso - um de cada vez (SOWMYA; CHETAN, 2016). Claramente, há espaço para melhoria na maioria das fábricas. O desafio é, no entanto, não ter

picos neste indicador, mas sim exibir um OEE estável e de alto nível (DE FELICE et. al., 2013).

2.3 Perdas na produção

Segundo Silva (2013) Nakajima definiu que as perdas de produção devidas a problemas relacionados com equipamentos têm três origens:

- Perdas causadas pelas paradas não planejadas (perdas em disponibilidade);
- Perdas resultantes do não funcionamento à velocidade/cadência nominal (perdas de performance);
- Perdas de produto que não cumprem as especificações (perdas de qualidade).

A partir destas três origens de perdas, Nakajima definiu as seis principais grandes perdas dos equipamentos produtivos. No Quadro 1 está detalhado quais são as seis grandes perdas, exemplos de ocorrências e as consequências de cada uma delas (SILVA, 2013).

Quadro 1: Descrição das seis grandes perdas e suas consequências.

Perdas	Ocorrências	Consequências	Observações
1- Avarias	<ul style="list-style-type: none"> • Avaria mecânica, elétrica ou de outros sistemas que provoquem a interrupção da produção; • Falha geral do equipamento; • Quebra de ferramentas; • Paradas não planeadas para intervenções de manutenção; • Falhas de energia/utilidades. 	Reduzem o tempo disponível para o equipamento produzir ou operar.	Consideram-se paradas superiores a 5-10 minutos, registadas pelo operador ou automaticamente.
2- Mudança, afinação e outras paradas	<ul style="list-style-type: none"> • Mudança de produto; • Aquecimento/arrefecimento para mudança de ferramentas; • Substituição de ferramentas de desgaste; • Paradas para limpeza; • Falta de materiais; • Falta de operador. 		As perdas por mudança são reduzidas ou eliminadas pela Implementação de técnicas SMED.
3- Pequenas paradas	<ul style="list-style-type: none"> • Limpeza e pequenos ajustes; • Obstrução no fluxo de produto a montante ou jusante; • Falha na alimentação de materiais; • Substituição de ferramentas de desgaste pelo operador; • Verificação/regulagem de parâmetros. 	Afetam a eficiência do equipamento, não permitindo que ele funcione no tempo de ciclo nominal.	Paradas inferiores a 5 -10 minutos e que não requerem intervenção de pessoal da manutenção, normalmente não registadas pelo operador.

4- Redução de velocidade	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamento abaixo da velocidade especificada; • Funcionamento irregular; • Incapacidade do operador em garantir o funcionamento regular do equipamento. 		Todas as ocorrências que impossibilitem produzir à velocidade máxima especificada para o produto.
5- Defeitos e retrabalho	<ul style="list-style-type: none"> • Produto fora de especificação; • Retrabalho do produto; • Montagem incorreta; • Componente incorreto; • Falta de componentes. 		Produto rejeitado durante o funcionamento normal do equipamento.
6- Perdas de arranque	<ul style="list-style-type: none"> • Produto fora de especificação; • Retrabalho do produto; 	Reduzem a quantidade de produto que cumpre as especificações à primeira.	Produto rejeitado durante a fase de arranque ou paragem do equipamento, devido a causas normais (pré-aquecimento) ou a erros de ajustes.

Fonte: Adaptado de (SILVA, 2013).

Silva (2013) afirma também que neste conceito das Seis Grandes Perdas dos Equipamentos, não são consideradas as paradas planeadas dos equipamentos, tais como:

- Tempo para refeições do operador e pausas obrigatórias;
- Tempo programado para manutenção autónoma pelo operador (exemplo: 10 minutos no início de cada turno);
- Tempo programado para manutenção planejada (preventiva, inspeções e corretiva);

- Tempo para formação do operador;
- Tempo para reuniões (desde que previstas no plano de produção);
- Testes de produção (testes de produtos ou peças do equipamento);
- Ausência de programa de produção.

Alguns autores optam por considerar alguns destes tempos dentro das seis grandes perdas e, portanto, abranger no OEE nomeadamente as intervenções de manutenção planeada. O objetivo desta opção é não perder o foco neste tipo de paradas, no sentido de reduzir a sua duração através de estudos de fiabilidade e manutibilidade e da evolução da manutenção preventiva de carácter sistemático para a manutenção baseada na condição e para a manutenção preditiva.

A empresa estudada não considera o tempo de paradas planeadas na composição do seu OEE. Além disso, para melhor identificação e tratativa das perdas que afetam desempenho de suas linhas, ela possui um documento no Microsoft Office Excel que responde de forma interativa detalhando as perdas por dia, mês, ano, linha de produção, etc. A plataforma, chamada de árvore de perdas, é abastecida por um banco de dados que contém os apontamentos feitos pelos operadores diariamente. Neste apontamento é informado hora a hora quanto foi produzido e a qual velocidade, além de especificar as paradas de duração superior a 5 minutos. A árvore de perdas fornece ao nível gerencial informações que permitem identificar os problemas de cada linha e da fábrica como um todo para atuar nestes problemas por meio de projetos ou de ações planeadas.

2.4 Six sigma

O *Six sigma* foi desenvolvido na Motorola pelo engenheiro Bill Smith em meados da década de 1980. O *Six sigma* é uma abordagem de aprimoramento de negócios que busca encontrar e eliminar causas de defeitos ou erros nos processos de negócios, concentrando-se nas saídas do processo que são críticas aos olhos dos clientes. Os princípios do Seis Sigma podem ser usados para alterar a média do processo, ajudar a criar produtos e processos robustos e reduzir a variação excessiva nos processos que levam à baixa qualidade. (ANTONY, 2010)

De acordo com Tjahjono et al. (2010) é possível identificar quatro linhas de pensamento do Seis Sigma.

A primeira define o *Six sigma* como um conjunto de ferramentas estatísticas adotado no gerenciamento da qualidade para construir uma estrutura para melhoria de processos. Atingir um nível Seis Sigma significa ter um processo que gera saídas com menos de 3,4 partes defeituosas por milhão. Aqui, o *Six sigma* é reconhecido como um método de solução de problemas que utiliza ferramentas estatísticas e de qualidade para aprimoramentos básicos do processo, mas não necessariamente um sistema de gerenciamento abrangente.

A segunda linha de pensamento define *Six sigma* como uma filosofia operacional de gerenciamento que pode ser compartilhada de forma benéfica com clientes, acionistas, funcionários e fornecedores. Graças à sua flexibilidade, o aplicativo *Six sigma* não se limita apenas à fabricação, mas pode ser estendido a toda a cadeia de suprimentos, que inclui a prestação de serviços. O *Six sigma* é uma abordagem filosófica orientada para o cliente, multifacetada, estruturada, sistemática, proativa e quantitativa para melhoria de negócios visando aumentar a qualidade, acelerar as entregas e reduzir custos.

A terceira definição refere-se ao *Six sigma* como uma cultura de negócios. Esse fluxo argumenta que o sucesso do *Six sigma* não depende apenas de ferramentas e técnicas estatísticas, mas também do comprometimento da alta gerência em garantir o envolvimento dos funcionários na organização. É um sistema de 'cultura e crença' que orienta a organização a se reposicionar em direção ao desempenho dos negócios de classe mundial, aprimorando a tomada de decisões factuais.

A quarta e última define *Six sigma* como um metodologia de análise que usa métodos científicos buscando melhoria contínua através da redução da variabilidade do processo e remoção do desperdício nos processos de negócios.

Al-Mishari e Suliman (2008) sugerem três possíveis abordagens que uma organização pode adotar para implementar o Seis Sigma. A primeira é através de uma abordagem de transformação do negócio em que uma organização passa por uma mudança completa para converter seu método tradicional de trabalho, a fim de

recuperar clientes perdidos ou superar as pesadas perdas. A segunda é a abordagem de melhoria estratégica, limitada a uma ou duas necessidades comerciais críticas, com foco nas principais oportunidades e fraquezas. E a terceira é uma abordagem de resolução de problemas, que se concentra apenas em problemas persistentes.

Nesse sentido, muitas das publicações sugerem os métodos *Define, Measure, Analyze, Melhore, Control* (DMAIC) e *Design for Six Sigma* (DFSS) como as duas metodologias mais comuns para implementar o *Six sigma*, embora de acordo com (EDGEMAN, R. L.; DUGAN, J.P., 2008), os principais objetivos das duas técnicas são bem diferentes.

Enquanto o DMAIC é um método de solução de problemas que visa à melhoria de processos, o DFSS é definido por (WATSON, G. H.; DEYOUNG, C. F., 2010) como "um processo para definir, projetar e fornecer produtos inovadores e fornecer valor competitivo aos clientes de maneira competitiva, de maneira a atingir as características críticas à qualidade de todas as funções significativas". Portanto, fica claro a partir dessa definição que o DFSS é usado no contexto do desenvolvimento de novos produtos que se concentra na qualidade desde o início (EDGEMAN; DUGAN, 2008).

A escolha da metodologia a ser aplicada depende muito das características vistas durante o processo de melhoria de qualidade, visto que muitas empresas o aplicam tanto no nível operacional, em atividades menores e com menor expressividade nos resultados da companhia, como também a nível empresarial e estratégico, buscando uma transformação completa da entidade (TJAHJONO et al., 2010).

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da empresa estudada

A empresa em questão é uma empresa que empenha-se em favor da beleza, da inovação, do otimismo e, sobretudo, das mulheres. Ela tem como principal canal de vendas a venda direta. A venda direta é um canal de comercialização dos produtos diretamente para os clientes, ou seja, sem intermediários (Nossa História, 2019). Na empresa, a parte direta da venda também se refere aos relacionamentos pessoais que os revendedores desenvolvem com seus clientes, sejam presenciais, sejam virtuais.

O portfólio de produtos inclui linhas completas de maquiagem, produtos de cuidados para a pele, higiene pessoal, fragrâncias, entre outros produtos de beleza, além de itens de moda e para decoração.

A empresa possui aproximadamente 18 fábricas em 15 países diferentes. A planta do Brasil conta com 52 linhas de embalagem ativas. A manufatura é composta pelas áreas de Logística, Produção, Produtividade, Engenharia, EHS e Qualidade. O conjunto de atividades dessas áreas garante que toda a matéria prima que chega à planta, seja processada, gerando produtos que são envasados, embalados e por fim enviados para o centro de distribuição, de onde são direcionados para os consumidores.

A fábrica brasileira produz itens de 5 tecnologias diferentes que compõem o portfólio de cosméticos da empresa: produtos capilares, produtos para a pele, fragrâncias, produtos de cuidados pessoais e maquiagem.

Buscando atender os clientes sempre on time e sem deixar de lado a qualidade, a área de manufatura conta com algumas ferramentas de melhoria de processos e aumento de produtividade como CAPDo (Checar, Analisar, Planejar e Fazer), SMED (Single Minute Exchange of Die), 6 sigma, Kaizen e MTM (Methods Time Measurement).

Desde o ano de 2009 a fábrica aplica o TPM (Total Productive Maintenance) na área de manufatura, a fim de aumentar o envolvimento dos funcionários, otimizar a manutenção e aperfeiçoar a performance da fábrica como um todo.

3.2 Caracterização da linha estudada

A linha produtiva estudada é chamada E70. É uma das linhas de envase da divisão de maquiagem da fábrica e possui a tecnologia de envase a quente (hot fill), que será melhor detalhada a seguir. Hoje ela está habilitada a produzir sete formatos que são diferenciados pelo tipo de FI (Finish Ingredient) e pelos seus componentes (tampa, frasco, etiqueta, etc.). Definimos cada um dos formatos como uma família, onde todos os produtos da família possuem o mesmo design dos componentes porém com diversas cores de FI diferentes. As seis famílias produzidas na E70 estão ilustradas no Quadro 2.

Quadro 2: Lista de famílias de produtos produzidas na linha E70.

Batom Líquido	Batom Líquido CT	Lipgloss CT Vial	Lipgloss Glazewear	Ideal Corretivo Líquido	Lipbalm	Base bastão
						

Fonte: Empresa estudada.

A linha E70 trabalha durante 5 dias na semana e em dois turnos de 8h30 por dia (o que pode variar de acordo com a demanda). Para cada turno a linha conta com 6 pessoas em sua equipe de produção: as três auxiliares já citadas, dois operadores

responsáveis que fazem a operação dos equipamentos e um abastecedor que faz o abastecimento dos componentes (frascos e tampas) e a preparação do FI.

Assim como em todas as linhas da planta, o TPM é utilizado na linha estudada para otimizar a eficiência de equipamentos, eliminar quebras e promover a manutenção autônoma da operação em atividades do dia a dia envolvendo todos os trabalhadores (BHADURY, 2000 apud JAIN; BHATTI; SINGH, 2014).

De acordo com a divisão descrita por Suzuki (1994) (que se encontra na seção de Revisão Bibliográfica), a linha se encontra no passo dois do TPM, ou seja, já foi realizada a limpeza inicial e o estabelecimento das condições básicas do equipamento, e agora no passo dois está sendo feita a identificação das fontes de contaminação e lugares de difícil acesso visando aumentar a confiabilidade da linha e o estado de conservação dos equipamentos.

A E70 possui um quadro de gestão físico na linha onde se encontra toda a documentação referente a ela, além do acompanhamento de indicadores e tudo que diz respeito ao TPM, como o mapeamento dos locais de difícil acesso, fontes de sujeiras e as devidas tratativas para esses locais, além dos cadernos de armazenamento das etiquetas que indicam anomalias (de segurança, de manutenção e operacionais), dentre outros documentos.

3.3 Metodologia DMAIC

O DMAIC é uma ferramenta que se assemelha à melhoria de processos do modelo PDCA (planejar, fazer, verificar, agir). Dentro da abordagem do *Six sigma*, o modelo DMAIC indica, passo a passo, como os problemas devem ser abordados, agrupando ferramentas de qualidade enquanto estabelece uma rotina padronizada para resolver problemas (BEZERRA et al., 2010).

A aplicação do DMAIC deve se referir a um problema de desempenho organizacional, o qual tem uma solução desconhecida. Além disso, deve haver um conjunto de objetivos mensuráveis ligados a um conjunto de indicadores bem definidos e que correspondam à oportunidade de solução, dentro de uma perspectiva de melhoria contínua. O progresso do projeto deve ser acompanhado através de indicadores e este deve culminar em benefícios de custo, tempo ou qualidade.

Normalmente, sugere-se que o projeto deve ser realizado em um período de 6 a 12 meses dependendo do seu porte, do engajamento da empresa e dos recursos alocados a este (CLETO; QUINTEIRO, 2011).

A prática do *Six sigma* por meio do DMAIC assume a forma de projetos realizados em cinco etapas interligadas que ajudam as organizações a resolver problemas a melhorar seus processos de forma sistemática (JIRASUKPRASERT, et al., 2015). As cinco fases do DMAIC e suas ferramentas serão descritas e discutidas nas próximas sessões.

3.3.1 Definir

Essa etapa do processo DMAIC envolve a definição do objetivo do projeto, requisitos e expectativas do cliente limitando por fim o escopo do projeto (ANTONY, 2012). Além disso, é feita a definição dos participantes da equipe e de suas responsabilidades, as premissas do projeto e é definido o cronograma. Todas estas informações devem constar no *Project Charter* (WERKEMA, 2004).

Também é neste momento que é feita a avaliação do histórico do problema, retorno econômico, impacto sobre clientes, consumidores e estratégias da empresa, e também se o projeto é prioritário para unidade de negócio (WERKEMA, 2004). Uma visão detalhada das características iniciais do ambiente e do processo que será avaliado é fundamental para a primeira definição da metodologia. O objetivo é priorizar os problemas que possuem custo à companhia e ter um tratamento cuidadoso em entender os equipamentos envolvidos, investindo tempo nessa etapa (AL-MISHARI; SULIMAN, 2008).

Durante a fase de definição, várias ferramentas, como o *Brainstorming*, o diagrama SIPOC, a voz do cliente (VOC) e o diagrama de afinidade podem ser usadas para determinar os pontos de foco ou os requisitos do projeto (ANTONY et al., 2012).

O “*Brainstorming*”, desenvolvido por Alex Osborn, é uma ferramenta que tem por como objetivo gerar múltiplas ideias criativas por um time (BODDY, 2012). No *Brainstorming* todo o time é reunido em uma sala e são distribuídos pequenos papéis para que cada membro registre os problemas enfrentados e/ou ideias de melhoria. Os apontamentos feitos nos papéis são afixados em cartazes que podem ser divididos por temas para orientar o time.

Um diagrama SIPOC é uma ferramenta usada para identificar todos os elementos relevantes de um projeto de melhoria de processo antes do início do trabalho. É usado para definir processos de negócios em que a equipe identifica e mapeia os relacionamentos básicos entre fornecedores (S - *suppliers*), entradas (I - *inputs*), etapas do processo (P - *process steps*), saídas (O - *outputs*) e clientes (C - *customers*), portanto chamado de diagrama SIPOC. Ele geralmente é desenvolvido após *Brainstorming* e discussão com as partes interessadas (ANTONY et al., 2012).

O diagrama VOC (*Voice of Customer*), é uma ferramenta na qual o líder do projeto deve ouvir atentamente todos os requisitos do consumidor do seu produto ou serviço. O modelo visa identificar e entender todos os desejos do cliente. Em adição a isso, após o recebimento do produto, o modelo mensura qual foi a relação de expectativa versus realidade do consumidor. Essa é uma oportunidade de avaliar todos os fatores propensos a melhoria e que atendam ao máximo os critérios definidos inicialmente pelo comprador (FOUND; HARRISON, 2012).

O diagrama de afinidade, por fim é uma ferramenta capaz de auxiliar todos os integrantes do time do projeto a relatarem suas opiniões sobre os problemas tratado. São elencadas todas as ideias e informações que cada indivíduo possui sobre aquele tema e assim todos os tópicos são categorizados e agrupados de uma forma que todos os itens tenham afinidade entre si (TOM DIECK; JUNG; HAN, 2016).

3.3.2 Medir

A fase de medição da metodologia de solução de problemas DMAIC consiste em estabelecer métricas confiáveis para ajudar a monitorar o progresso em direção à(s) meta(s) (PYZDEK, 2003 apud JIRASUKPRASERT et al., 2015). Ela também inclui a seleção dos fatores de medição a serem aprimorados (OMACHONU, ROSS, 2004 apud JIRASUKPRASERT et al., 2015) e o fornecimento de uma estrutura para avaliar o desempenho atual, além de avaliar, comparar e monitorar as melhorias subsequentes e sua capacidade (STAMATIS, 2004).

Para as medições, as atividades devem ser colhidas em um período de tempo que permita entender o histórico com informações relevantes ao problema que está sendo avaliado, para uma avaliação mais crítica e realista da situação. Para isso, uma ferramenta importante para essa fase é o Gráfico de Controle, o qual permite

identificar a variação de um indicador ao longo do tempo e dar ao time do projeto informações sobre variações ocorridas ao longo do processo (KUMAR; SOSNOSKI, 2009).

Para auxiliar na coleta de dados, outra ferramenta que pode ser utilizada é o Gráfico de Pareto. Nele os dados são determinados de acordo com os eventos que ocorrem com maior frequência e consequentemente interferem mais nos problemas observados, até as situações com menor ocorrência e que representam uma menor contribuição para as irregularidades (ANTONY et al., 2012).

3.3.3 Analisar

Este estágio do modelo de melhoria DMAIC envolve a análise do sistema para identificar formas de reduzir o *gap* entre a performance atual e os objetivos desejados (GARZA-REYES et al., 2010 apud JIRASUKPRASERT et al., 2015). Para isso, é feita uma análise dos dados, seguida de uma identificação para determinar e entender a causa raiz do defeito (BREYFOGLE III et al., 2001 apud JIRASUKPRASERT et al., 2015). Após identificar e priorizar as melhorias, elas são então conduzidas (OMACHONU; ROSS, 2004 apud JIRASUKPRASERT et al., 2015).

Garza-Reyes, J.A. et al. (2010) comentam que as atividades realizadas durante a fase de análise podem ser feitas através do uso de abordagens e técnicas específicas tradicionalmente empregadas nesta fase do DMAIC. As abordagens geralmente utilizadas na etapa analisar incluem: mapeamento do processo, diagrama causa-e-efeito, DOE, teste de hipóteses, controle estatístico do processo (SPC), gráficos e simulações (PYZDEK, 2003 apud JIRASUKPRASERT et al., 2015).

O Diagrama Espinha de Peixe ou também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito tem como objetivo principal encontrar e sugerir as causas raízes para problemas que buscam a melhoria de qualidade. Além disso, durante o seu desenvolvimento são discutidos todas as causas e efeitos para determinada situação e assim ter uma estrutura para dar sequência a metodologia (ZIEGEL; JURAN; GRZYNA, 2006).

A estrutura do diagrama é composta por 6 categorias de causas e em muitas literaturas chamada de 6M, são elas: métodos, mão-de-obra, medição, máquina, meio-ambiente e materiais. Com o auxílio da técnica do *Brainstorming*, o

preenchimento do diagrama se torna mais proveitoso. No *Brainstorming* o time elenca as razões dos defeitos com base nos dados coletados e do seu conhecimento s respeito do processo. O sucesso do diagrama causa-e-efeito depende muito da qualidade e da criatividade da sessão de *Brainstorming*, pois as ideias de causas do problema geradas são alocadas dentro de cada categoria como descrito acima, e quanto mais ideias mais ampla a análise (CARLA, REIS, PINTO, 2009; ANTONY et al, 2012).

Outra técnica bastante utilizada no DMAIC é os 5 porquês, ferramenta de análise de causa raiz de um problema desenvolvida por Taiichi Ohno pai do Sistema Toyota de Produção. (Ohno, 1988 apud BENJAMIN, 2015). A aplicação da ferramenta é simples, define-se um problema e aplica-se a pergunta “Por quê?” por 5 vezes, a qual pode separar os sintomas das causas do problema. Entretanto, problemas em processos da manufatura comumente possuem apenas uma causa raíz e por esse motivo ao invés de utilizar 5 vezes a pergunta “Por quê?”, utiliza-se até o senso comum entender que não há mais perguntas a se fazer, mesmo com número de perguntas abaixo de 5 vezes. (PYLIPOW; ROYALL, 2001 apud BENJAMIN, 2015).

3.3.4 Implementar Melhorias

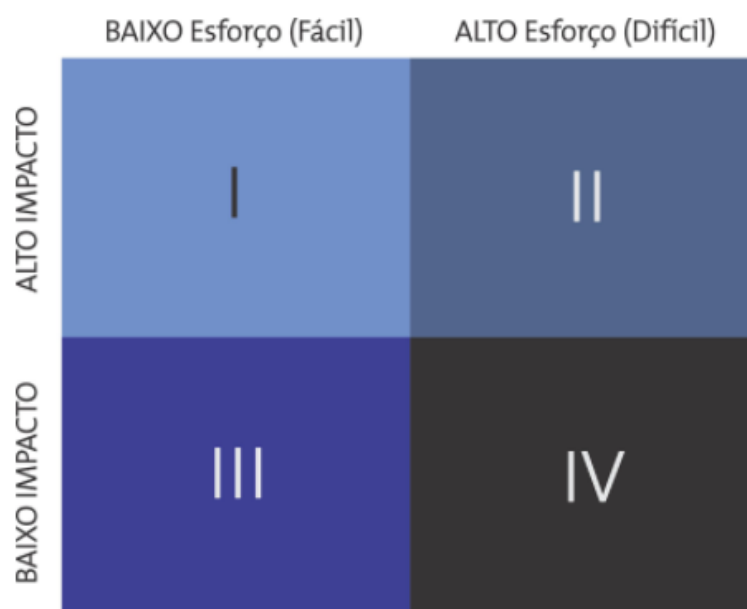
As causas identificadas durante as fases medir e as relações advindas da fase analisar fornecem input para a fase implementar. Dessa forma, o objetivo da fase implementar é selecionar soluções para eliminar as causas encontradas para cada problema.

Porém, para que esta fase seja rápida e efetiva, é importante que o time foque em eliminar as causas que têm impacto significativo no problema (ANTONY et al, 2012) fazendo algum tipo de priorização das ações geradas durante a fase de análise. Uma das ferramentas que podem ser utilizadas para fazer isto é a matriz esforço-impacto.

A matriz esforço-impacto (Figura 3) é uma grade que serve de auxílio na avaliação das soluções propostas. Seu objetivo é avaliar a viabilidade de cada ação medindo o impacto que cada uma representa no projeto e o esforço necessário para implementá-la. Ela fornece uma maneira prática de filtrar e eliminar as soluções que

não expressam um impacto significativo frente ao esforço que demandam para implementação (SÁNCHEZ-THOMPSON, 2019).

Figura 3: Matriz esforço-impacto.



Fonte: (MARTINS, 2019)

No eixo vertical é feita a classificação do impacto da ação, enquanto no horizontal mede-se o esforço necessário para implementação. Cada ação deve ser avaliada com base nestes dois critérios e posicionada em um dos quatro quadrantes. As melhores soluções encontram-se no quadrante I, pois são fáceis de implementar e apresentam um impacto significativo (SÁNCHEZ-THOMPSON, 2019). A segunda classe de ações a serem atacadas são as ações que exigem alto esforço porém com alto retorno, e por último as que oferecem um baixo retorno porém necessitam baixo esforço para serem implementadas.

Tendo priorizado as ações, a próxima etapa é o desenvolvimento de um Plano de Ação, determinando todos os responsáveis por cada atividade, com os prazos de entrega bem definidos e indicadores que serão utilizados para avaliar qual está sendo a sequência dada para a implementação das soluções encontradas a fim de aplicar na situação onde se encontra o problema analisado (TOLEDO; LIZARELLI; SANTANA JUNIOR, 2017).

3.3.5 Controlar

A fase controlar é significativa pois garante que as melhorias implementadas pelo *Six sigma* serão sustentadas. Dessa forma, o objetivo da fase de controle é estabelecer medidas de padronização, monitoramento e integração das modificações realizadas com a estrutura já existente. Um plano de controle é sugerido para realizar esta função (ANTONY et al, 2012).

Para propor uma medida de controle para as causas identificadas, metas devem ser definidas para cada defeito num nível estratégico, e devem ser definidos os limites de controle com um ponto de vista de melhoria do nível de qualidade Sigma das operações. Estas medidas de controle geradas do processo podem ser usadas para criar gráficos de controle de atributo para entender a variação deste no processo e tomar de medidas de contenção (ANTONY et al, 2012).

Por fim, para garantir que ele seja efetivo, o plano de controle deve ser documentado no sistema de qualidade da companhia (ANTONY et al, 2012).

3.4 Metodologia SMED (*Single Minute of Die*)

Set-up é uma coleção de atividades de troca sequenciais que são realizadas antes de iniciar a produção de qualquer produto, e é uma forma de entrada necessária para todas as máquinas ou estação de trabalho. Como o tempo produtivo de uma máquina pode ser aumentado reduzindo o tempo de *set-up*, ele é um dos parâmetros vitais usado em qualquer indústria de manufatura (SINGH; KHANDUJA, 2010).

Segundo (SHINGO, 1985), SMED é um acrônimo para “*Single Minute of Die*”. O termo refere-se a uma teoria e conjunto de técnicas criadas para executar operações de *set-up* em linhas de produção em menos de dez minutos, isto é, em um número de minutos expresso em um único dígito. Embora nem todos os *set-ups* possam ser literalmente concluídos em minutos de um dígito, esse é o objetivo do sistema descrito pelo autor, e ele pode ser encontrado em uma porcentagem

surpreendentemente alta de casos. Mesmo onde não é possível reduzir o *set-up* a um dígito, geralmente são possíveis reduções drásticas no tempo de configuração.

Shingo (1985) explicou que antes de aplicar o SMED a qualquer recurso (máquina ou equipamento, etc.) é necessário analisar o recurso alvo a partir do ponto de vista da teoria das restrições (que distingue o recurso fornecido como um recurso de gargalo ou não gargalo). Se o SMED for aplicado a um recurso não gargalo, ele é de valor limitado, porque os recursos que não são gargalos já estão ociosos e trabalhando com excesso de capacidade. O SMED deve ser aplicado apenas a recursos de gargalo que têm capacidade menor do que o necessário e precisam de atenção imediata.

Shingo (1985) define que a aplicação do SMED deve ser feita a partir das seguintes etapas:

3.4.1 Estágio preliminar: atividades internas e externas não são distintas

Nas operações de *set-up* tradicionais, as configurações interna e externa são confusas; o que poderia ser feito externamente é feito como configuração interna e as máquinas permanecem, portanto, ociosas por longos períodos. No planejamento da implementação do SMED, é preciso estudar as condições reais do chão de fábrica com grande detalhe.

Uma análise contínua da produção realizada com um cronômetro é provavelmente a melhor abordagem para o estudo da condição atual.

Outra possibilidade é usar um estudo de amostragem de trabalho. O problema desta opção é que as amostras de trabalho são precisas apenas se houver uma quantidade considerável de repetição. Esse estudo pode não ser adequado quando poucas ações são repetidas.

Uma terceira abordagem útil é estudar as condições reais no chão de fábrica entrevistando trabalhadores.

Um método ainda melhor é gravar em vídeo toda a operação de *set-up*. Isso é extremamente eficaz se o vídeo for exibido aos trabalhadores imediatamente após a conclusão do *set-up*. Dar aos trabalhadores a oportunidade de expor suas opiniões

geralmente traz ideias surpreendentemente astutas e úteis que em muitos casos podem ser aplicadas.

3.4.2 Estágio 1: Separando *set-up* interno e externo

O passo mais importante na implementação do SMED é distinguir entre *set-up* interno e externo. Todos sabemos que a preparação de peças, manutenção etc. não devem ser feitos enquanto as máquinas estão paradas. No entanto, é absolutamente espantoso observar a frequência com a qual isso ocorre.

Se, em vez disso, fizermos um esforço científico para tratar o máximo do *set-up* possível como externo, o tempo de processamento necessário para o *set-up* interno - realizado com a máquina desligada - geralmente pode ser reduzido cerca de 30% a 50%. O domínio da distinção entre *set-up* interno e externo é, portanto, o passaporte para alcançar o SMED.

3.4.3 Estágio 2: Convertendo *Set-up* interno em externo

O segundo estágio envolve duas noções importantes:

- Reexaminar as operações para verificar se existem etapas erroneamente assumidas como internas;
- Encontrando maneiras de converter essas etapas em etapas externas.

As operações que agora são executadas como internas podem frequentemente ser convertidas em externas, reexaminando sua verdadeira função. Isto é extremamente importante para adotar novas perspectivas que não estão vinculadas a velhos hábitos.

3.4.4 Estágio 3: Simplificando todos os aspectos da operação de *set-up*

Embora o *set-up* de um dígito de minuto possa ocasionalmente ser alcançado convertendo para configuração externa, isso não é verdade na maioria dos casos. É por isso que devemos fazer um esforço conjunto para otimizar cada operação elementar de *set-up* interno e externo. Assim, o estágio 3 exige uma análise detalhada de cada operação elementar.

3.5 Metodologia ECRS

O ECRS é uma abordagem eficaz da técnica de estudo de movimento usada para melhorar as linhas de produção proposta por Mogensen em 1932 (BURAWAT, P., 2019). Ele pode ser aplicado a qualquer procedimento de trabalho humano que possua atividades desnecessárias. Quando o ECRS é incorporado à melhoria do procedimento os resultados são diminuição no tempo de manuseio de instrumentos e avanços de trabalho proficientes que podem diminuir o trabalho supérfluo e o tempo de inatividade (KASEMSET; BOONMEE; KHUNTAPORN, 2016).

Segundo Burawat (2019), o método ECRS possui os seguintes princípios básicos:

Eliminar (E): Eliminação de trabalho desnecessário, do desperdício de tempo na montagem de equipamentos, do tempo de espera e de etapas desnecessárias de uma atividade.

Combinar (C): Combinação de atividades e etapas de trabalho inúteis visando diminuir a movimentação do operador e da equipe do chão de fábrica como um todo, resultando na redução do tempo de execução do procedimento.

Realocar (R): Realocar qualquer etapa do procedimento para diminuir a quantidade de movimentos e eliminar movimentos desnecessários. Por exemplo: trocamos as etapas 2 e 3 do procedimento para reduzir a distância em movimento (WAJANAWICHAKON; SRIMITEE, 2012).

Simplificar (S): Propor uma técnica mais simples para trabalhar, modificar equipamentos ou substituir por novos visando facilitar a execução das operações. Projetar gabaritos e acessórios para ajudar na comodidade e precisão do ajuste dos equipamentos e reduzir o tempo das atividades (WAJANAWICHAKON; SRIMITEE, 2012).

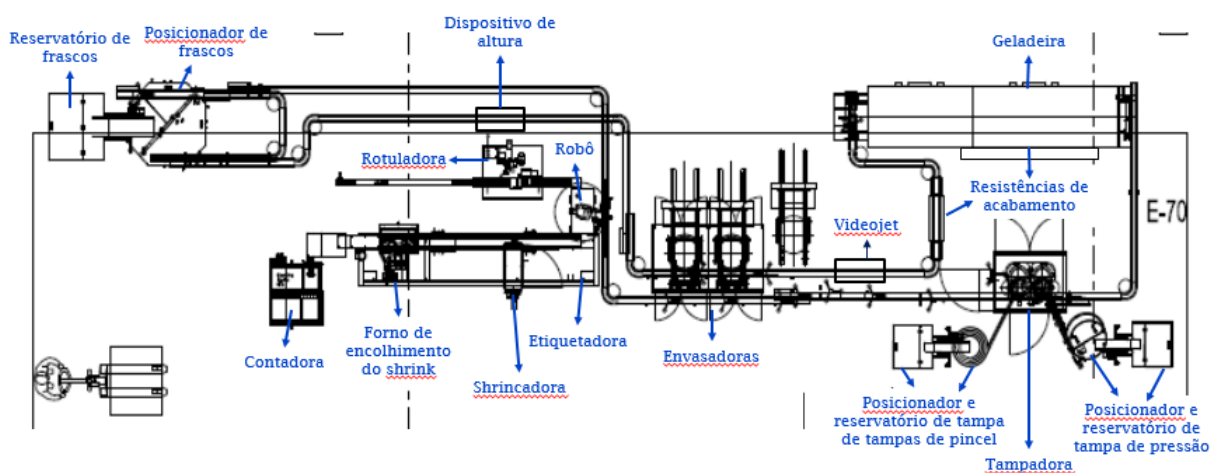
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Descrição do processo

O fluxo produtivo de todos os produtos inicia-se com a preparação do FI (*Finish Ingredient*) na área de Processamento de Maquiagem. Depois de processado, o FI na temperatura ambiente assume a forma sólida, e é encaminhado para a linha, onde ele é envasado, embalado e colocado na caixa para ser encaminhado para o centro de distribuição.

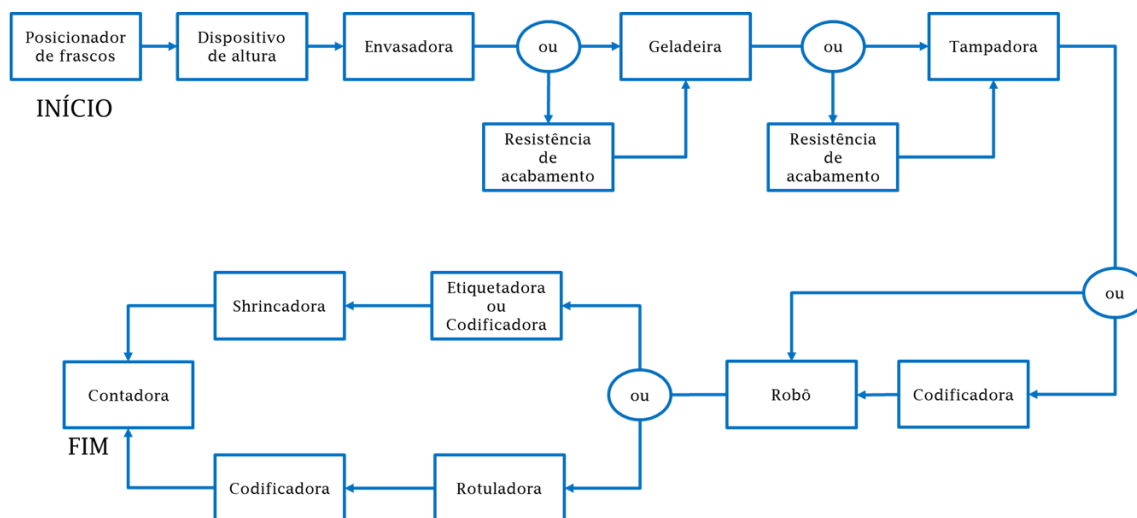
Para melhor visualização dos equipamentos e das etapas produtivas da linha (que serão descritas a seguir), na Figura 4 temos a planta de distribuição dos equipamentos (*layout*) da linha E70, e na Figura 5 um diagrama de blocos explicativo do processo.

Figura 4: *Layout* da linha E70



Fonte: Empresa estudada.

Figura 5: Diagrama de blocos representativo do fluxo do processo de produção da linha E70.



Fonte: O próprio autor

Antes de iniciar o envase, o FI e todos os componentes são conferidos e a documentação de validação da produção é preenchida. Feito isso, o FI sólido é abastecido no tacho previamente aquecido e é preparado conforme as instruções detalhadas na Especificação de Produto Acabado (EPA) do produto. Cada produto possui um preparo específico que envolve ciclos de aquecimento, resfriamento e, em alguns casos, adição de fragrância. Ao final da preparação, o FI é validado e estando de acordo com o padrão pré-estabelecido, está pronto para o envase. Então, o tacho contendo o mesmo é acoplado à envasadora para iniciar o envase e as etapas de embalagem.

A primeira etapa do processo é o posicionamento do frasco no *puck* (recipiente de plástico utilizado para transporte e movimentação do frasco nas esteiras), o que é feito pelo posicionador de frascos, primeiro equipamento do fluxo. O *puck* passa pelo dispositivo de altura, que é um equipamento que tem a função de conferir a presença e a orientação do frasco que foi posicionado no *puck*, para garantir que não haja envase fora do frasco e nem danos ao equipamento de envase. Em seguida, o *puck* vai para a envasadora, para que o FI abastecido no tacho seja depositado no frasco pelo sistema de envase, cujo mecanismo de funcionamento é pistonado e tem a capacidade de envasar 6 frascos por ciclo. Para garantir que o peso declarado corresponda ao informado no rótulo do produto, é feita a pesagem de hora

em hora para conferência conforme o valor especificado na EPA e aprovação pela área de Qualidade.

A terceira etapa é o resfriamento do FI por meio da passagem dos frascos por uma geladeira, cuja temperatura e velocidade são ajustadas conforme a necessidade do produto (descrita na EPA). Alguns produtos necessitam que haja um resfriamento rápido após o envase a quente para melhor acabamento. Neste caso, ao sair da envasadora o produto passa por uma resistência que tem como função manter o produto aquecido antes de entrar na geladeira. Caso seja necessário realizar alguma melhoria na aparência do produto, é feita a passagem do mesmo por uma outra resistência após a geladeira para correção. As duas resistências descritas são mantidas desabilitadas para produtos que não requerem que a superfície do FI seja lisa.

Em seguida, o frasco é direcionado para a tampadora. Este equipamento possui duas estações de aplicação de tampas, uma para aplicação de tampas de pressão e uma para aplicação de tampas de pincel com rosca, cada qual com a sua estação de lançamento e sua torre de aplicação. Enquanto uma estação estiver sendo utilizada a outra não estará produzindo, e servirá apenas de passagem para os frascos. Além disso, cada tipo de tampa possui um reservatório e um posicionador de tampas independentes. O posicionamento e aplicação das tampas também são feitos em locais diferentes para cada formato.

As tampas são abastecidas manualmente no reservatório e um elevador transportador as direciona para o posicionador giratório, que as orienta e as posiciona corretamente para conduzi-las para a calha de alimentação ligada ao posicionador. A calha encaminha as tampas para a estação de lançamento, que as conduz ao ponto de transferência, onde elas são apanhadas pelos cabeçotes da torre e aplicadas nos frascos. No caso das tampas de pincel, os cabeçotes realizam seu movimento giratório no momento da aplicação das tampas sobre os bocais dos frascos para rosqueá-las.

Após receberem as tampas, os *pucks* com os frascos são transportados até a saída da tampadora por meio de estrelas giratórias e chegam na esteira transportadora, que as conduz para o robô. O robô tem a função de pegar o frasco na posição vertical e colocá-lo na esteira na posição horizontal para ser etiquetado e

embalado. A embalagem varia de acordo com cada formato, alguns recebem rótulo e outros recebem uma embalagem chamada *shrink*, que é necessária para a proteção do produto. O robô encaminha para a rotuladora os formatos com rótulo e para a “shrinkadora” os formatos com *shrink*.

Os formatos que recebem etiqueta são etiquetados pela etiquetadora antes de serem encaminhados para a “shrinkadora”. A “shrinkadora” então aplica o *shrink* e em seguida o produto passa por um forno onde o *shrink* é encolhido com o calor e encolhe aderindo ao produto. Esta é a última etapa de envase e embalagem do produto. Para os formatos com rótulo, a última etapa de envase e embalagem é a passagem do frasco pela rotuladora.

O local da impressão da informação do lote do produto, cor e da validade varia de família para família, e pode ser feito na parte lateral do frasco, na tampa ou na parte inferior do frasco. A gravação a laser na lateral do frasco e na tampa são feitas por um equipamento de gravação posicionado na esteira de saída da tampadora, e a gravação no fundo do frasco é feita por dois equipamentos de impressão por tinta, um localizado na esteira da rotuladora e um localizado na esteira de entrada da “shrinkadora”. Por último, os produtos já embalados são direcionados para a contadora, que faz a contagem e disposição dos produtos nas caixas, e estas são direcionadas para a área de paletização.

Durante todo o processo, os frascos passam por várias estações e controle de qualidade rigorosas até chegar à caixa de embarque. Duas auxiliares de produção são responsáveis pela conferência da qualidade dos produtos, uma posicionada imediatamente antes da tampadora checa a aparência do frasco antes de ser tampado. Outra auxiliar, posicionada logo após a “shrinkadora” ou rotuladora (dependendo do equipamento que estiver sendo utilizado), faz a conferência do produto antes e depois de ele ser “shrinkado” ou rotulado. Uma terceira auxiliar é responsável pela documentação da produção, pesagem e validação do produto de hora em hora.

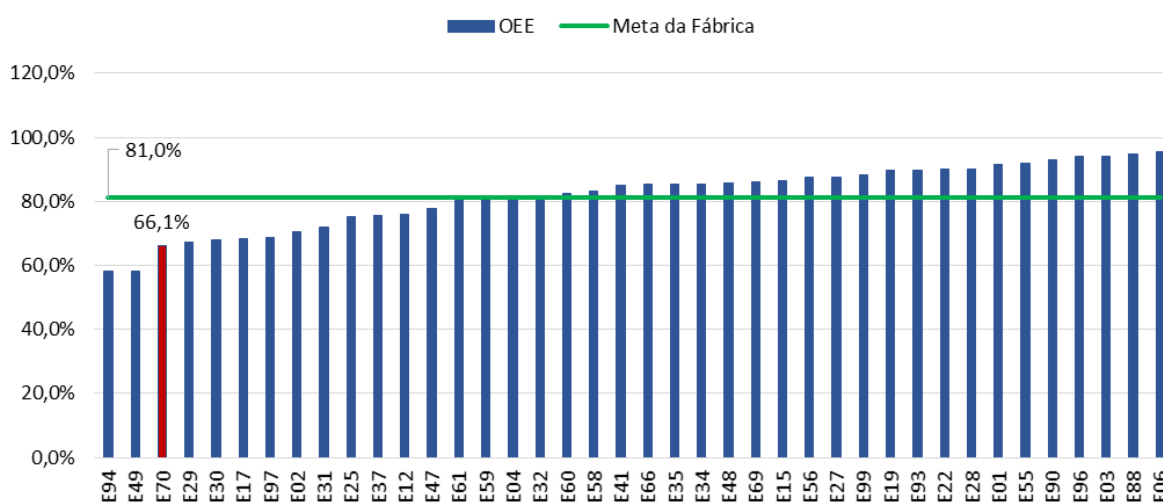
4.2 Detalhamento e discussão das fases do DMAIC

Para atingir o objetivo do projeto de redução das perdas na produção e consequente aumento no OEE foi utilizada a metodologia DMAIC. Ela possibilitou o entendimento da situação atual, análise dos problemas apresentados pela linha para definição da ação a ser tomada e criação de métodos de manutenção dos resultados atingidos nos indicadores. Nas próximas sessões serão detalhados os resultados obtidos em cada etapa da aplicação da metodologia.

4.2.1 Definir

O primeiro passo para definir o problema foi a reunião da liderança da fábrica para levantamento das oportunidades de melhoria nas linhas e priorização dessas oportunidades considerando quais delas possuem maior custo para a companhia. Para isso, foi feita a análise comparativa do indicador de OEE de todas as linhas da fábrica por meio do gráfico da Figura 6.

Figura 6: Gráfico comparativo da média de OEE das linhas produtivas da companhia estudada do período de janeiro de 2019 a julho de 2019.

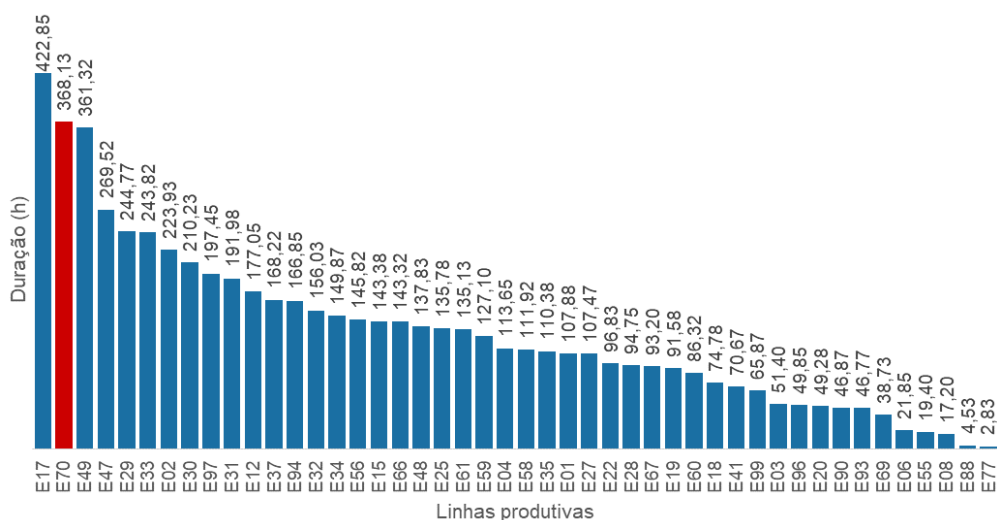


Fonte: Companhia estudada.

O gráfico acima indica que, de todas as linhas produtivas ativas da fábrica da companhia estudada, a linha E70 é a terceira com menor OEE, estando a quase 15 pontos percentuais abaixo da meta de OEE definida para a fábrica no ano de 2019.

Toda perda produtiva causa redução do OEE da linha e gera algum custo para a empresa. Dessa forma, para redução de custo e aumento do OEE também é importante analisar quais as maiores fontes de perda da fábrica, o que foi feito por meio do gráfico da Figura 7. Neste gráfico temos a informação da soma da quantidade de horas total referente às perdas produtivas nas linhas da fábrica durante o período de janeiro a julho de 2019 (antes do início do projeto).

Figura 7: Perdas (em horas) das linhas de produção das linhas fábrica no período de janeiro a julho de 2019.

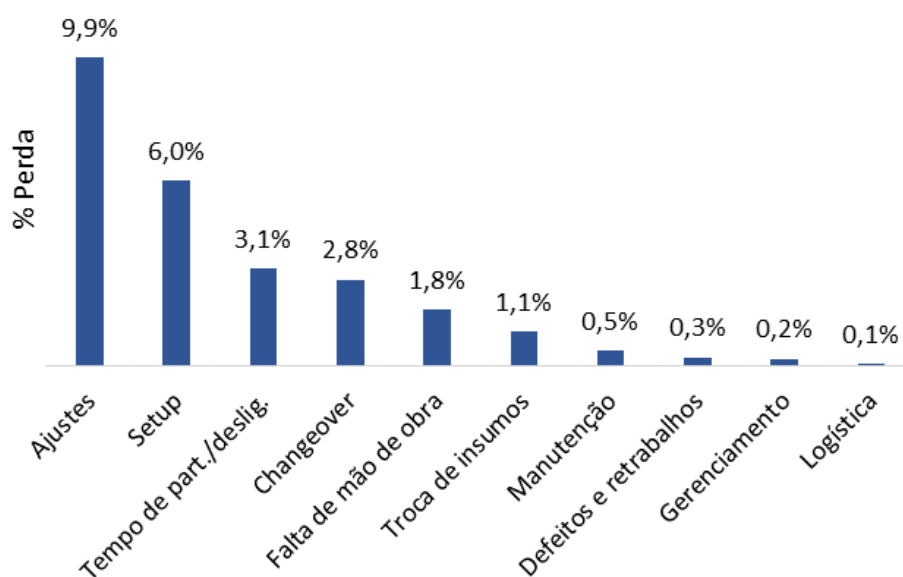


Fonte: Companhia estudada.

É possível observar que a E70 é a linha com a segunda maior soma de perdas da fábrica. Considerando que esta também é uma das linhas de maior ocupação, evidencia-se a necessidade de redução das perdas e portanto aumento de OEE da mesma para redução de custos, aumento de produtividade e garantia de entrega aos clientes.

Para melhor definição do escopo do projeto, foi feita a estratificação das perdas da linha em termos de porcentagem de perda em relação ao tempo de operação da linha no intervalo de janeiro a julho de 2019, e os resultados estão apresentados no gráfico da Figura 8.

Figura 8: Gráfico de Pareto das perdas da linha E70 (período de janeiro de 2019 a julho de 2019)



Fonte: Companhia estudada.

Observa-se no gráfico acima que as quatro principais perdas produtivas da E70 são: ajustes, *set-up*, tempo de partida/desligamento e *changeover*, e somadas, estas perdas totalizam 21,8% em relação ao tempo de produção da linha. Sendo assim, foi escolhido tratar estas quatro perdas para buscar a meta de OEE de 70% definida para a linha.

Com isso, finaliza-se a definição do escopo do projeto: aumento o OEE da linha E70 de 66,1% para 70% por meio da redução das quatro principais perdas da linha, sendo elas: ajustes, *set-up*, tempo de partida/desligamento e *changeover* de 21,8% para 17,9%.

O segundo passo da fase de definição do projeto foi a confecção do cronograma de atividades, que definiu o período de duração de cada etapa para que fosse possível monitorar o progresso do projeto semanalmente. O cronograma definido está ilustrado no quadro da Figura 9. Cada etapa possui uma estimativa de tempo planejado para sua execução (“plan”) e o monitoramento de quanto tempo foi realmente utilizado (“real”).

Figura 9: Cronograma do projeto.

DATA INÍCIO	DATA TÉRMINO	PROGRESSO	REUNIÕES MENSAIS							
01/08/2019	30/03/2020		01/09/19	01/10/19	01/11/19	01/12/19	01/01/20	01/02/20	01/03/20	30/03/20
ETAPAS		Mês	1	2	3	4	5	6	7	8
1: DEFINIR		PLAN								
		REAL								
2: MEDIR		PLAN								
		REAL								
3: ANALISAR		PLAN								
		REAL								
4: IMPLEMENTAR MELHORIAS		PLAN								
		REAL								
5: CONTROLAR		PLAN								
		REAL								

Fonte: O próprio autor

Em seguida, foi feita a definição da equipe do projeto. A equipe foi formada por 10 integrantes: o coordenador responsável pela linha, três operadores da linha (dois do primeiro turno e um do segundo), uma auxiliar responsável pela aplicação do TPM na linha, uma pessoa responsável pelo suporte quanto à aplicação da metodologia DMAIC em projetos, um técnico elétrico, um técnico mecânico, um técnico especializado em *set-up* e a autora do trabalho (estagiária da empresa estudada) como líder do projeto.

Com a equipe formada, foi convocada a primeira reunião do projeto. Nesta reunião foi apresentado o panorama geral com as informações apresentadas nos gráficos acima e o escopo do projeto. A partir disso, foi realizado um *Brainstorming* (ferramenta descrita por (BODDY, 2012) no capítulo de fundamentação teórica deste trabalho) visando fazer o levantamento das oportunidades de melhoria da linha e gerar ações para atingir a meta estipulada.

Por último, a líder utilizou ferramenta VOC (*Voice of Customer*) descrita por (FOUND; HARRISON, 2012) na seção de fundamentação teórica deste trabalho, fazendo a entrevista com os operadores e auxiliares da linha para entender as necessidades de seus clientes.

Combinando estas duas ferramentas foram mapeadas ao todo 50 ações, que serão elencadas e priorizadas na etapa de implementação das melhorias.

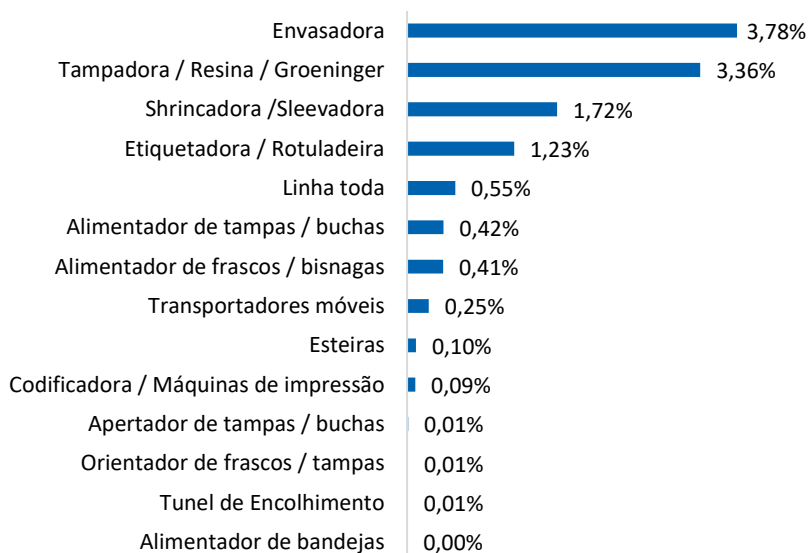
4.2.2 Medir

Conforme estabelecido na fase anterior, o projeto tem como principal objetivo o aumento do OEE por meio da redução das perdas de ajustes, *set-up*, tempo de partida/desligamento e *changeover*. Portanto, na etapa de medição foram avaliadas cada uma destas perdas individualmente visando mapear a situação atual e monitorar o progresso das mesmas ao longo do projeto.

4.2.2.1 Ajustes

A % de perda de ajustes é a soma do tempo gasto realizando a regulagem, limpeza ou ajuste de parâmetros dos equipamentos em relação ao tempo total de operação da linha, o que significa que ela está diretamente relacionada com as condições de operação dos equipamentos. Por isso, o primeiro passo para visualizar o que compõe esta perda é estratificá-la por equipamento, o que foi feito no gráfico da Figura 10.

Figura 10: % Perda de ajustes por equipamento (07/2018 a 07/2019).

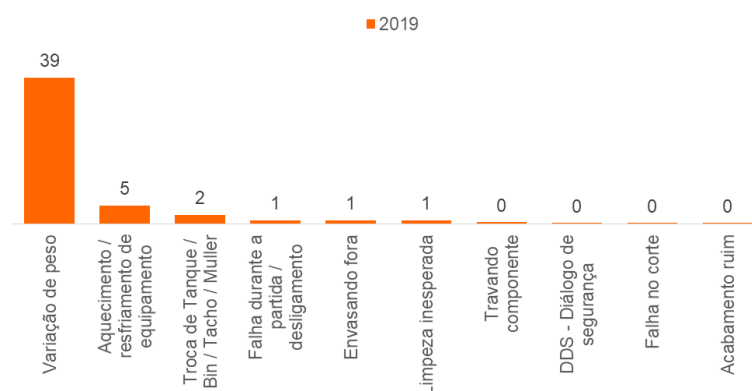


Fonte: O próprio autor.

O gráfico acima contempla a divisão da porcentagem de tempo gasto em ajustes em cada um dos equipamentos do período de julho de 2018 a julho de 2019 (antes do início do projeto). Por meio dele é possível identificar os quatro equipamentos de maior representatividade na perda: a envasadora em primeiro lugar, seguido da tampadora, “shrincadora” e por último etiquetadora. Este resultado nos permite definir com precisão quais equipamentos merecem destaque e devem ser analisados e melhorados nas próximas etapas para obtenção do resultado buscado.

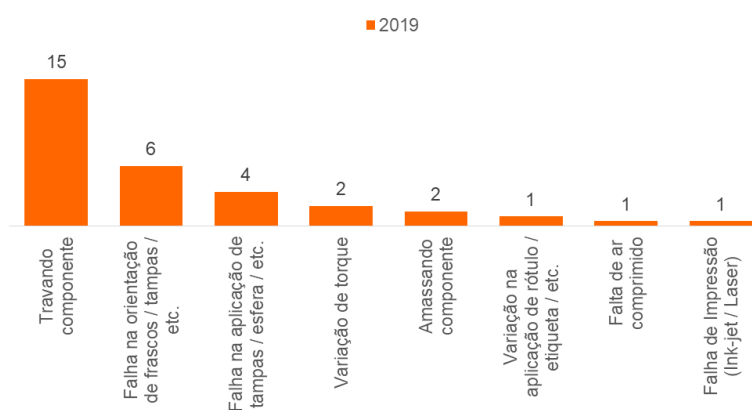
Por último, para guiar a análise de cada equipamento, foi feito o levantamento dos principais motivos de paradas em cada um deles por meio da árvore de perdas fornecida pela companhia, e o resultado encontra-se ilustrado nos gráficos das Figuras Figura 11, Figura 12, Figura 13 e Figura 14.

Figura 11: Perda (acumulado em h) na envasadora (01/2019 a 07/2019).



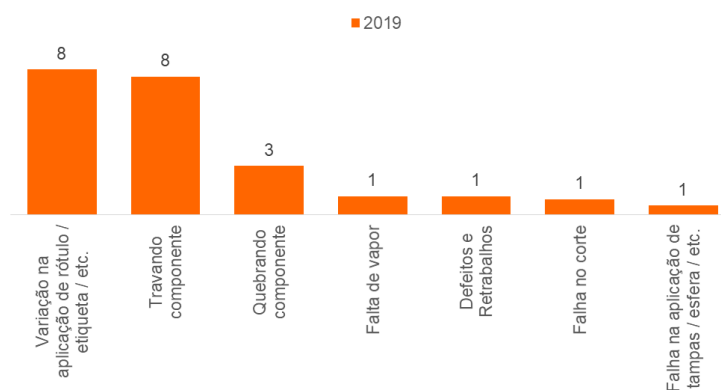
Fonte: Árvore de perdas da companhia estudada.

Figura 12: Perda (acumulado em h) na tampadora (01/2019 a 07/2019).



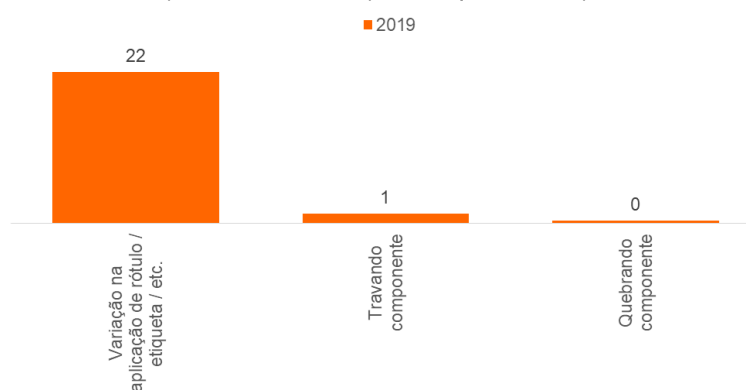
Fonte: Companhia estudada.

Figura 13: Perda (acumulado em h) na “shrincadora” (01/2019 a 07/2019).



Fonte: Companhia estudada.

Figura 14: Perda (acumulado em h) na etiquetadora (01/2019 a 07/2019).

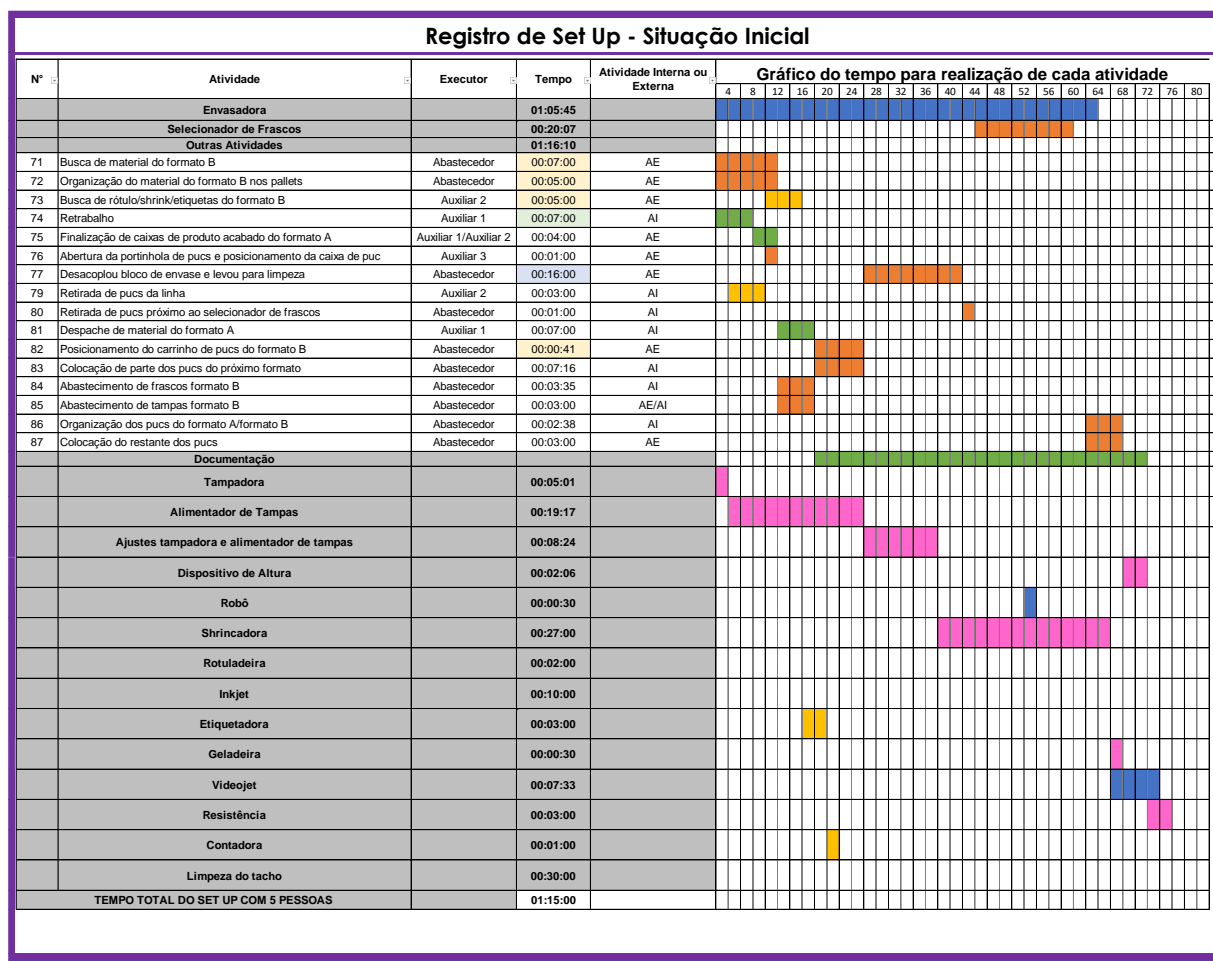


Fonte: Companhia estudada.

4.2.2.2 Set-up e changeover

Para estudo da situação atual das perdas de *set-up* e *changeover*, foi feita a filmagem da operação do *set-up* no chão de fábrica do início ao fim. A partir desta filmagem foi feito um mapeamento de todas as atividades realizadas, o tempo de cada atividade e o executor (Figura 15). No total foram 167 atividades realizadas em um tempo de filmagem de 1h15min.

Figura 15: Mapeamento da situação inicial do *set-up* e gráfico do tempo para realização de cada atividade.

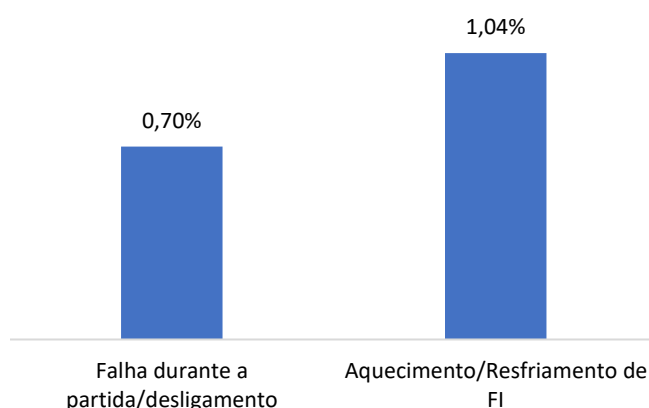


Fonte: O próprio autor.

4.2.2.3 Tempo de partida/desligamento

A última perda a ser avaliada é a de tempo de partida/desligamento. Para entendimento do que compõe esta perda o primeiro passo foi estratificá-la, e o resultado está representado no gráfico da Figura 16.

Figura 16: Estratificação da perda de partida/desligamento (07/2018 a 07/2019).



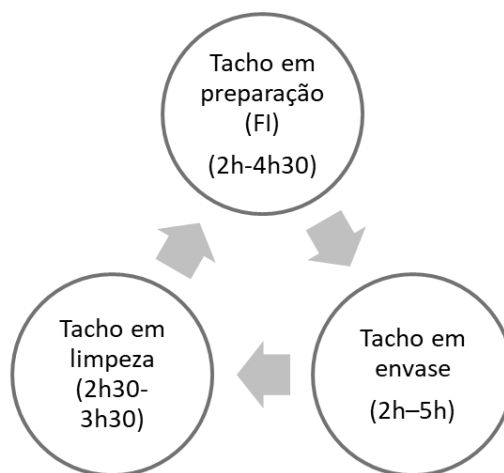
Fonte: O próprio autor.

A partir do gráfico observa-se que a perda de tempo de partida/desligamento é composta por dois fatores: “falha durante a partida/desligamento” e “aquecimento/resfriamento de FI”, sendo que a representa mais de 50% da perda de tempo de partida/desligamento.

Isto ocorre porque nesta linha o FI possui um grande tempo de preparo, o que faz com que em algumas situações não haja tempo hábil para fazer a limpeza do tachó utilizado e a preparação do próximo FI durante o tempo de envase e sem que haja parada do equipamento antes de iniciar o próximo produto, gerando a perda durante este processo, o que indica necessidade de avaliação e melhoria do mesmo.

Desta forma, foi feito o mapeamento do processo de preparação de FI, envase e limpeza do tachó para entendimento do *gap* que gera a perda. O resultado encontra-se ilustrado na Figura 17, onde é apresentada a dinâmica cíclica do processo com os tempos de duração mínimos e máximos possíveis para cada etapa.

Figura 17: Ilustração do mapeamento do fluxo dos tachos.



Fonte: O próprio autor.

A linha E70 possui 3 tachos disponíveis para realizar este processo. Desta forma, enquanto um tacho está envasando, o tacho anterior está em limpeza e o próximo tacho que entrará em linha já está sendo preparado. Como se observa na figura, a etapa de preparo leva de 2h a 4h30 dependendo do produto e de suas características. Em seguida, o FI que foi preparado será envasado (tacho em envase) e esta etapa leva cerca de 2h a 5h dependendo do tamanho da ordem de produção, ou seja, da quantidade de FI que será envasada. Após o envase, o tacho que foi utilizado deverá ser limpo (tacho em limpeza) para que seja utilizado novamente na preparação do próximo FI, iniciando um novo ciclo. Esta última etapa de limpeza é realizada parte na linha (pelo abastecedor ou operador) e parte no box de lavagem de peças (pela equipe desta área), e tem duração de 2h30 a 3h30 dependendo da quantidade de peças que estão na fila para lavagem.

Observa-se neste fluxo que dependendo do tempo gasto em cada etapa, pode ser que não haja tempo o suficiente para completar o ciclo antes que haja a parada da linha para troca de tacho, e nesse caso, pode ser que a linha fique parada aguardando o tempo de aquecimento ou resfriamento do FI para poder iniciar o próximo envase.

4.2.3 Analisar

Na terceira etapa do método DMAIC, as perdas mensuradas na seção anterior foram analisadas separadamente em três tópicos (ajustes, *set-up/changeover* e tempo de partida/desligamento) para que seja possível visualizar de forma clara as causas raízes de cada uma das perdas, o que será detalhado a seguir.

4.2.3.1 Ajustes

O primeiro equipamento analisado nesta seção foi a envasadora. Conforme observado na fase medir (gráfico da Figura 11) a principal perda neste equipamento é a perda de variação de peso. Para análise da causa raiz deste problema foi utilizada a ferramenta dos 5 porquês descrita na metodologia com base em (BENJAMIN; MARATHAMUTHU; MURUGAIAH, 2015). A partir desta análise foi possível identificar 6 causas raízes para o problema em questão e gerar 6 ações para reduzir esta perda. Os resultados encontram-se na Figura 18.

Figura 18: Análise da perda por ajuste de peso na envasadora utilizando a ferramenta dos 5 porquês.

Qual é o fenômeno?	Perda de tempo no ajuste de peso da envasadora				<div>✖ NÃO É CAUSA RAIZ</div> <div>✔ É CAUSA RAIZ</div>
Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Ação
Dificuldade de ajuste de peso ✖	O sistema de ajuste fino do equipamento possui baixa precisão ✖	O ajuste é feito por meio de manipuladores ligados a cabos de aço que movimentam as engrenagens que realizam o ajuste nos pistões. Ao movimentar os manipuladores muitas vezes o sistema não responde alterando a quantidade que é envasada. ✖	Os cabos de aço do sistema se contorcem quando os manipuladores são girados e não repassam o movimento para as engrenagens, assim a quantidade envasada não é alterada. ✖	Os cabos não são a opção adequada para repasse do movimento do manipulador para a engrenagem. ✔	Fazer a troca dos cabos de aço do sistema de ajuste fino para eixos cardan.
Variação de peso ✖	Conforme o tempo passa a regulagem de peso feita é perdida. ✖	Pistões que mandam FI para os bicos de envase não realizam sempre o mesmo curso para enchimento das camisas ✖	O peso do FI sobre os pistões movimentam as engrenagens responsáveis pela regulagem da quantidade de FI que vai para as camisas dos mesmos, afetando o controle do peso. ✖	Os pistões não são capazes de vencer o peso do FI e manter sempre o mesmo curso de enchimento de suas camisas. ✔	Instalar molas nos pistões que sejam capazes de fornecer a força necessária para que eles resistam ao peso do FI e não modifiquem seu curso.
Vazamentos nos cabeçotes de envase ✖	Gaxetas que fazem a vedação junto a agulha e impedem a passagem de FI para o compartimento do atuador não vedavam adequadamente ✖	Gaxetas danificadas com frequência ✖	Material das gaxetas (teflon) não é adequado para a temperatura atingida ✔		Trocar o material das gaxetas para viton.
Vazamentos nos cabeçotes de envase ✖	Gaxetas que fazem a vedação junto a agulha e impedem a passagem de FI para o compartimento do atuador não vedavam adequadamente ✖	Gaxetas danificadas com frequência ✖	Agulhas que trabalham no interior das gaxetas estão desgastadas e com superfície irregular, danificando as gaxetas ✔		Compra de novas agulhas.
Vazamentos nos bicos de envase ✖	Bicos de envase e agulhas com desgaste, de forma que o encaixe entre os dois não é adequado gerando falha na vedação e portanto vazamentos ✖	As agulhas trabalham dando pequenas batidas nos bicos a cada ciclo de abestura e fechamento, causando o desgaste ao longo do tempo. ✖	O atuador que movimentam as agulhas trabalha com uma pressão excessiva, intensificando o desgaste. ✖	Não existe regulador para regular a pressão de trabalho do atuador e o mesmo trabalha com a pressão nominal do equipamento. ✔	Instalação de um regulador para definir a pressão de trabalho do atuador que movimentam as agulhas.
Vazamentos nos bicos de envase ✖	Bicos de envase e agulhas com desgaste, de forma que o encaixe entre os dois não é adequado gerando falha na vedação e portanto vazamentos ✖	As agulhas trabalham dando pequenas batidas nos bicos a cada ciclo de abestura e fechamento, causando o desgaste ao longo do tempo. ✖	Bicos e agulhas não são trocados de tempos em tempos. ✔		Fazer a troca dos bicos e agulhas depois de uma determinada quantidade de ciclos de forma preventiva.

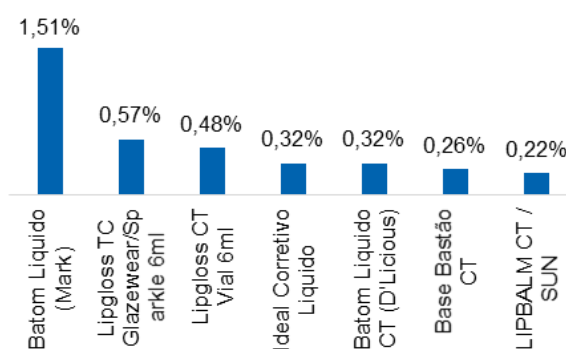
Fonte: O próprio autor.

O segundo equipamento analisado foi a tampadora. Conforme observado no gráfico da Figura 12, a maior perda neste equipamento é de travamento de componente, o que está relacionado à queda de tampas no equipamento por falha na aplicação das mesmas. Assim como no equipamento mencionado anteriormente, na tampadora também foi utilizada a ferramenta dos 5 porquês para análise e

identificação da causa raiz desta falha, e para melhor entendimento, a causa raiz encontrada será explicada a seguir de forma ilustrativa.

Como já mencionado, a tampadora possui duas estações de aplicação de tampas, uma para aplicação de tampas de pressão e uma para aplicação de tampas de pincel com rosca. Para análise da causa raiz da perda de falha na aplicação de tampas neste equipamento foi feita a distribuição desta perda por famílias, e o resultado encontra-se no gráfico da Figura 19.

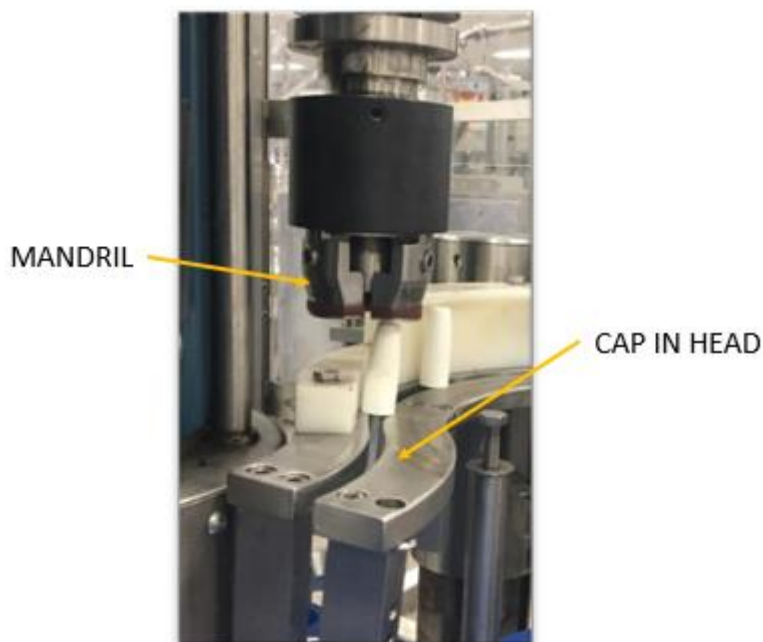
Figura 19: Gráfico % perda na tampadora por família (07/2018 a 07/2019).



Fonte: O próprio autor.

Observando o gráfico acima e tendo em vista o formato dos produtos de cada família (Quadro 2) pode-se perceber que os 5 produtos com maior perda do gráfico são os produtos que possuem tampas de pincel, enquanto os 2 produtos de menor perda são os produtos que possuem tampas de pressão. Sabendo disso, foi feita uma filmagem do momento de falha na aplicação das tampas de pincel e identificou-se um desalinhamento na transferência da tampa de pincel do cap in head para o mandril, ilustrado na Figura 20.

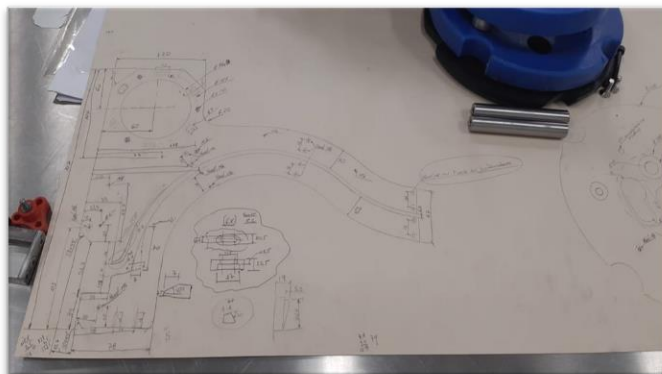
Figura 20: Desalinhamento na transferência da tampa de pincel do cap in head para o mandril.



Fonte: O próprio autor.

Buscando a causa raiz deste desalinhamento acionou-se um fornecedor especializado para fazer o estudo do ferramental utilizado. Neste estudo foi detectado um erro nas medidas e angulações das peças, o que caracteriza um erro de projeto do equipamento. Na Figura 21 encontra-se o desenho do equipamento feito pelo fornecedor para identificar o erro que gerava o desalinhamento e a queda de tampas de pincel.

Figura 21: Medições do cap in head da tampadora.



Fonte: O próprio autor.

Com base neste estudo feito para o ferramental de aplicação de tampas de pincel foi determinada a seguinte ação para contenção desta perda: refazer o projeto do ferramental para obtenção do alinhamento na transferência do pincel. A análise mecânica da estação de aplicação de tampas de pressão da tampadora indicou somente a necessidade de manutenção para melhora do funcionamento e do alinhamento, o que também gerou uma ação. Com estas duas ações, conclui-se então a análise neste equipamento.

O terceiro equipamento de maior perda é a “shrinkadora”. Para a análise da causa raiz da falha na aplicação de *shrinks* também foi utilizada a ferramenta 5 porquês, e os resultados encontram-se ilustrados na Figura 22. Por meio desta análise encontrou-se 4 causas raízes e foram geradas portanto 4 ações para correção dos problemas neste equipamento.

Figura 22: Análise da perda por variação na aplicação de *shrinks* na “shrinkadora” utilizando a ferramenta dos 5 porquês.

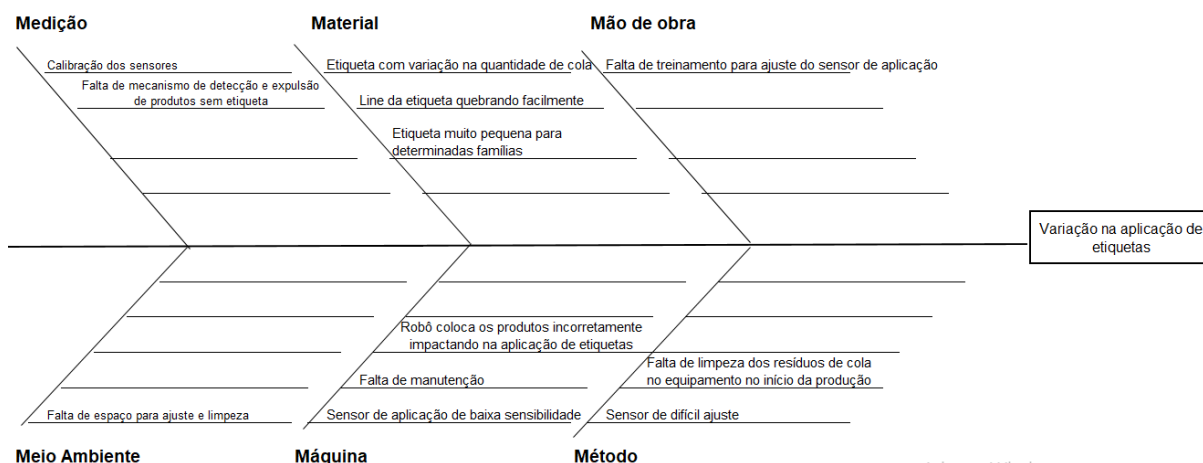
Qual é o fenômeno?	Variação na aplicação de <i>shrinks</i>				<div>✖ NÃO É CAUSA RAIZ</div> <div>✔ É CAUSA RAIZ</div>
Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Ação
Shrink sofrendo corte no momento incorreto ✖	Patinação do line de shrink no momento da puxada do mesmo ✖	Tração insuficiente do line de shrink ✖	Rolos de tracionamento do shrink com desgaste ✖	Falta de manutenção periódica ✔	Troca dos rolos de tração do shrink e reestabelecimento da manutenção preventiva periódica
Atraso na aplicação do shrink ✖	Atuadores responsáveis pelo avanço do shrink trabalhando com atraso ✖	Vazamento de ar comprimido nos atuadores ✖	Falta de manutenção periódica ✔		Troca dos atuadores e reestabelecimento da manutenção preventiva periódica
Falta de sincronia do ajuste das duas shrinkadoras ✖	Ajuste de altura de uma shrinkadora causa aplicação incorreta do shrink na outra shrinkadora ✖	Shrinkadoras não possuem a mesma altura em relação à base ✖	Erro de projeto ✔		Nivelamento das shrinkadoras
Shrinkadoras possuem falhas pontuais no tempo de aplicação do shrink que não são solucionadas por meio de ajuste de parâmetros ✖	Sensor de aplicação não manda a mensagem correta para o equipamento fazer a aplicação do shrink ✖	Sensor não lê corretamente o posicionamento do produto na esteira ✖	A presença de outro sensor eletromagnético próximo ao sensor de aplicação causa interferência em seu campo e faz com que ele faça a leitura incorreta. ✔		Afastamento físico dos sensores eletromagnéticos

Fonte: O próprio autor.

O quarto e último equipamento analisado foi a etiquetadora. De acordo com o gráfico apresentado na Figura 14 da fase de medição, a perda mais representativa neste equipamento é a variação na aplicação de etiquetas. Para um estudo amplo das

causas raízes deste efeito foi utilizada a ferramenta diagrama causa e efeito descrita na seção 3.3.3 deste trabalho, o que está ilustrado na Figura 23.

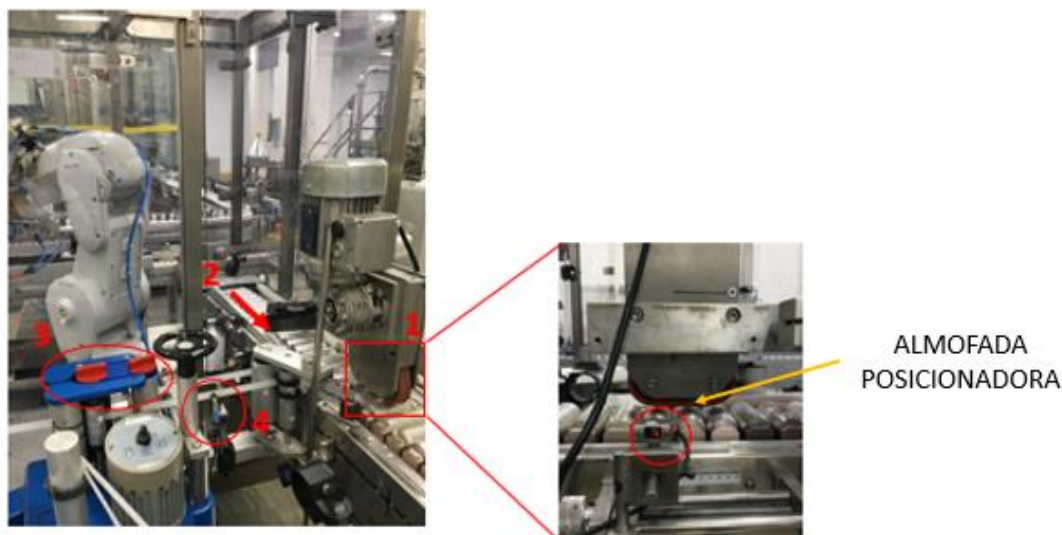
Figura 23: Diagrama causa e efeito para falha na aplicação de etiquetas.



Fonte: O próprio autor.

O resultado da aplicação desta análise do ponto de vista de máquina e método pode ser entendido por meio da Figura 24, que evidencia alguns pontos do equipamento que causam a falha.

Figura 24: Pontos da etiquetadora que geram falha na aplicação de etiquetas.



Fonte: O próprio autor.

Do ponto de vista de métodos, no ponto 1 é possível visualizar a dificuldade de ajuste do sensor de aplicação de etiquetas. Ele precisa ser ajustado de forma a detectar a passagem de produto porém sem que seu feixe de luz encoste na almofada posicionadora que prepara o produto para a aplicação da etiqueta.

Já do ponto de vista de máquina, o ponto 2 representa o efeito do posicionamento incorreto dos produtos feito pelo robô. Quando isto ocorre, há a quebra do *line* da etiqueta e o sensor de aplicação faz a leitura incorreta devido à passagem de dois produtos simultaneamente.

Novamente do ponto de vista de máquina, no ponto 3 tem-se a presilha que faz a tração do *line* da etiqueta, onde na avaliação do mecânico, foi constatada a existência de uma folga que não proporcionava a tração adequada ao *line*, gerando patinação do mesmo e resultando na leitura incorreta do sensor do ponto 4 (que detecta a presença de etiquetas).

4.2.3.2 Set-up e changeover

Neste trabalho, as análises e implementação das melhorias realizadas para as perdas de *set-up* e *changeover* serão apresentadas de forma unificada. Isto porque a única diferença entre o *set-up* e o *changeover* é que durante o *changeover* são trocados apenas componentes (tampas, frascos, etiquetas, etc.), sem a necessidade de troca de peças, enquanto no *set-up* além da troca de componentes também é feita a troca de peças. Desta forma, tudo que é feito no *changeover*, será feito em algum momento no *set-up*, então, as melhorias realizadas para redução do tempo do *set-up* resultarão também em redução do tempo do *changeover*.

Para atuação na redução destas perdas foi aplicada a metodologia SMED, detalhada na seção 3.4 deste trabalho. A primeira etapa desta metodologia foi realizada na seção 4.2.2.2, que foi a medição do tempo de realização de cada atividade e do tempo total da operação do *set-up*, identificando o executor e desenhando o gráfico do tempo de cada atividade para visualização das atividades que são feitas de forma simultânea (Figura 15). Como mencionado, no total foram

contabilizadas 167 atividades que também já foram classificadas como internas ou externas.

Partindo destes *inputs* e analisando mais a fundo cada atividade, nesta etapa do SMED foi possível detectar a existência de um total de 53 atividades que estão sendo assumidas de forma errônea como internas quando na verdade podem ser feitas externamente, antes ou depois da parada de máquina, reduzindo o tempo de *set-up*. Na Tabela 2 estão listadas estas atividades e o tempo que elas representam no *set-up*.

Tabela 2: Atividades externas tratadas erroneamente como internas pela equipe da linha durante o *set-up*.

	Atividade	Executor	Duração
Envasadora			
1	Desligou o sistema de aquecimento na IHM	Operador B	00:00:11
2	Tirou o cabo de aquecimento do tacho da tomada	Operador B	00:00:35
3	Abaixamento dos pistões via IHM	Operador B	00:00:27
4	Desconexão dos pistões do bloco de envase	Operador B	00:00:24
5	Desconectou as mangueiras do formato A do bloco de envase e fez a limpeza superficial do bloco	Operador B	00:00:22
6	Desconectou o apoiador do bloco de envase	Operador B	00:00:14
7	Limpeza	Operador B	00:00:55
8	Retirada do tacho formato A	Operador B	00:00:09
9	Retirada de ferramentas armazenadas incorretamente na região da envasadora	Operador B	00:00:41
10	Limpeza	Operador B	00:02:07
11	Retirada das mangueiras de FI do formato A e limpeza geral	Operador B	00:00:15
12	Separou as mangueiras de FI sujas para enviar para o box de lavagem	Operador B	00:00:26
13	Pegou as mangueiras de FI limpas para o formato B	Operador B	00:00:25
14	Retirada da estrutura de apoio dos bicos de envase	Operador B	00:02:12
15	Desrosqueamento do cabeçote e desconexão dos cabos de aquecimento dos bicos	Operador B	00:05:23
16	Retirada dos bicos de envase do formato A	Operador B	00:01:37
17	Colocação dos bicos de envase do formato B	Operador B	00:01:42
18	Retirada do cabeçote do formato A	Operador B	00:03:18
19	Colocação do cabeçote do formato B	Operador B	00:02:54
20	Conexão dos cabos de aquecimento dos bicos	Operador B	00:01:12

21	Posicionamento do conjunto de bico de envase e rosqueamento dos bicos	Operador B	00:01:19
22	Rosqueamento da estrutura de apoio dos bicos de envase	Operador B	00:02:22
23	Colocação das mangueiras de FI nas mangueiras de aquecimento e acoplamento no cabeçote	Operador B	00:00:55
24	Deu a volta na envasadora e fez limpeza do outro lado	Operador B	00:00:44
25	Busca de ferramentas	Operador B	00:00:52
26	Troca da guia de centralização de frascos	Operador B	00:01:15
27	Retirada da régua centralizadora de frascos do formato anterior	Operador B	00:01:44
28	Colocação da régua centralizadora de frascos do novo formato	Operador B	00:00:28
29	Limpeza dessa região	Operador B	00:00:57
30	Tirou a tomada de aquecimento do tacho do próximo formato	Operador B	00:00:26
31	Pré-posicionamento do tacho	Operador B	00:00:20
32	Organização das mangueiras de aquecimento	Operador B	00:00:41
33	Posicionamento do tacho e organização de cabos de aquecimento	Operador B	00:00:10
34	Conectou na tomada o cabo de aquecimento do tacho	Operador B	00:01:52
35	Levantamento do tacho	Operador B	00:00:53
36	Posicionamento do tacho	Operador B	00:00:40
37	Rosqueamento do apoiador do bloco de envase	Operador B	00:00:20
38	Retirada das mangueiras de contenção de FI do bloco de envase	Operador B	00:01:19
39	Conexão dos pistões no bloco de envase	Operador B	00:00:30
40	Conexão das mangueiras de FI no tacho	Operador B	00:00:08
41	Ligou a tomada de agitação tacho	Operador B	00:00:19
42	Ajuste de altura da envasadora		
Outras Atividades			
43	Busca de material do formato B	Abastecedor	00:07:00
44	Organização do material do formato B nos palets	Abastecedor	00:05:00
45	Busca de rótulo/ <i>shrink</i> /etiquetas do formato B	Auxiliar 2	00:05:00
46	Finalização de caixas de produto acabado do formato A	Auxiliar 1/Auxiliar 2	00:04:00
	Abertura da portinhola de <i>pucks</i> e posicionamento da caixa de <i>puc</i>	Auxiliar 3	00:01:00
47	Desacoplou bloco de envase e levou para limpeza	Abastecedor	00:16:00
48	Colocação do restante dos <i>pucks</i> na linha	Abastecedor	00:03:00
“Shrincadora”			
49	Digitação do FS e data de validade na IHM	Operador A	00:02:00
Codificadora a tinta			
50	Digitação de validade e cor	Operador B	00:01:00
Codificadora a laser			
51	Inicialização da codificadora	Operador B	00:02:39
52	Digitação da validade	Operador B	00:02:22

É possível observar na Tabela 2 que a maior parte destas atividades externas são realizadas na envasadora. Conforme já mencionado, a E70 possui duas envasadoras, de forma que enquanto uma está envasando o FI a outra pode ser preparada para o próximo de linha. Porém, em entrevista com os operadores e análise junto aos mecânicos, entendeu-se que não era feito o uso das duas envasadoras para adiantar o *set-up* por dois motivos.

O primeiro motivo era o fato de não haver peças das duas envasadoras em quantidade suficiente para utilizá-las de forma simultânea, e para este ponto foi gerada uma ação de compra das peças faltantes.

O segundo motivo é a ocorrência de queimas recorrentes das peças que fazem o aquecimento da mangueira de passagem do FI para os bicos de envase e dos próprios bicos de envase. Quando isto ocorria acabava estendendo ainda mais o tempo de *set-up*, por isso optou-se por não utilizar as duas envasadoras. Para este problema foi gerada uma ação de realização de melhorias na parte elétrica do equipamento para reduzir as queimas e também uma ação para a compra de peças de aquecimento reservas, desta forma, as queimas deixariam de ser frequentes e, quando ocorressem, seriam corrigidas de forma rápida pela troca imediata da peça com defeito, sem a necessidade da parada de máquina.

Algumas das atividades da Tabela 2 estão relacionadas com a busca e organização dos materiais do próximo produto, o que também pode ser feito externamente antes do início do *set-up*.

A última classe de atividades da Tabela 2 contém algumas atividades de *set-up* dos equipamentos que podem ser adiantadas dependendo do próximo produto de linha (“shrinkadora”, codificadora a tinta e codificadora a laser). Como descrito na seção 4.1, a linha E70 possui diversos equipamentos, e não são utilizados todos os equipamentos em todos os produtos. Pode haver situações em que alguns equipamentos (como codificadora a tinta, etiquetadora e “shrinkadora”, por exemplo) não são utilizados no produto que está rodando mas serão utilizados no próximo produto de linha. Isto permite adiantar boa parte das atividades destes equipamentos

antes da parada de máquina em si, que é o caso das atividades da Tabela 3. Estas atividades podem ser consideradas internas ou externas, dependendo do produto que está em linha e do próximo produto que será produzido. Por exemplo: se está sendo fabricado um produto “shrincado” e o próximo produto que entrará em linha será um produto rotulado, a troca de rótulo pode ser feita com antecedência e antes da parada para o *set-up* (atividade 21 da Tabela 3). Por outro lado, se a transição é feita de um produto “shrincado” para outro produto “shrincado” não é possível adiantar o *set-up* completo do equipamento, mas é possível digitar o lote *code* e a data de validade do próximo produto, deixando em *stand by* para que ao trocar de produto seja necessário apenas confirmar a alteração. Ou seja, mesmo que não haja troca de equipamento de um produto para o outro, ainda há atividades que podem ser feitas externamente, que são as atividades 55 a 59 da Tabela 2.

Tabela 3: Atividades que podem ser feitas interna ou externamente dependendo das características do produto anterior e do que entrará em linha.

	Atividade	Executor	Duração
Outras atividades			
1	Abastecimento de tampas formato B	Abastecedor	00:03:00
Alimentador de tampas			
2	Troca das mangueiras de saída de ar comprimido	Operador A	00:00:50
3	Troca da calha aramada	Operador A	00:01:27
4	Conexão das mangueiras de saída de ar comprimido	Operador A	00:00:38
5	Desrosqueamento da segunda parte da calha aramada	Operador A	00:00:38
6	Colocação da segunda parte da calha aramada e rosqueamento	Operador A	00:01:32
7	Retirada dos sensores	Operador A	00:01:05
8	Movimentação da estrela de tampas para retirada da calha contínua de tampas	Operador A	00:00:16
9	Desrosqueamento da calha contínua	Operador A	00:00:42
10	Posicionamento da calha contínua do próximo formato	Operador A	00:00:09
11	Rosqueamento da calha contínua	Operador A	00:00:26
12	Colocação dos sensores	Operador A	00:00:46
13	Acoplamento das mangueiras de ar comprimido	Operador A	00:00:10
Ajustes tampadora e alimentador de tampas			
14	Ajuste da altura da ventosa que pega a tampa	Operador A	00:01:08
15	Organização geral e ajuste da altura da calha contínua do alimentador de tampas	Operador A	00:00:39
16	Colocação de tampas no reservatório de tampas para ajuste	Operador A	00:00:53
17	Limpeza e organização geral	Operador A	00:00:38
“Shrincadora”			

18	Troca de ferramental	Operador A	00:05:00
19	Troca do <i>shrink</i> formato A/formato B	Operador A	00:05:00
20	Ajuste de impressão	Operador A	00:10:00
Rotuladora			
21	Troca do rótulo	Operador A	00:02:00
Codificadora a tinta			
22	Posicionamento do canhão	Operador B	00:02:00
23	Ajuste de impressão	Operador B	00:03:00
Etiquetadora			
24	Abertura do rolo	Auxiliar 2	00:00:10
25	Retirada de etiqueta	Auxiliar 2	00:00:10
26	Retirada do rolo de etiquetas	Auxiliar 2	00:00:40
27	Colocação do rolo de etiquetas e passagem da etiqueta pelos locais de tração	Auxiliar 2	00:01:00
28	Ajuste	Operador A	00:01:00

Fonte: O próprio autor.

Visando orientar a equipe a respeito da separação de set-up externo e interno, uma das ações geradas foi a criação de uma matriz com as informações de quais atividades podem ser realizadas externamente de forma antecipada quando é feito o set-up de um produto para o outro, e esta matriz está ilustrada na Figura 25. A partir dela, é possível concluir, por exemplo, que na realização do set-up do produto “LIPBALM CT/SUN” para o produto “Batom Líquido” é possível realizar externamente as atividades de set-up da “shrinkadora”, da etiquetadora e também o abastecimento de tampas de pincel no reservatório.

Figura 25: Matriz de-para com a informação de quais atividades externas podem ser antecipadas antes do início do *set-up*.

DE	PARA							
	Base Bastão CT	Batom Líquido	Batom Líquido CT	Ideal Corretivo Líquido	LIPBALM CT / SUN	Lipgloss CT Vial 6ml	Sérum de Unhas	Lipgloss TC Glazewear/Sparkle 6ml
Base Bastão CT	Digitar FS e lote code na inkjet e na shrinkadora	Abastecimento de pincéis	Abastecimento de pincéis	Abastecimento de pincéis	Setup rotuladeira	Abastecimento de pincéis. Preparação da videojet.	Abastecimento de pincéis. Preparação da videojet.	Abastecimento de pincéis
Batom Líquido	Setup inkjet. Ferramental e abastecimento selecionador de tampas.	Digitar FS e lote code na shrinkadora	Preparação da videojet.	-	Setup rotuladeira. Setup inkjet. Ferramental e abastecimento do selecionador de tampas.	Preparação da videojet.	Preparação da videojet.	-
Batom Líquido CT	Setup inkjet. Ferramental e abastecimento selecionador de tampas.	-	Digitar FS e lote code na shrinkadora	-	Setup rotuladeira. Setup inkjet. Ferramental e abastecimento do selecionador de tampas.	Preparação da videojet.	Preparação da videojet.	-
Ideal Corretivo Líquido	Setup inkjet. Ferramental e abastecimento selecionador de tampas.	-	Preparação da videojet.	Digitar FS e lote code na shrinkadora	Setup rotuladeira. Setup inkjet. Ferramental e abastecimento do selecionador de tampas.	Preparação da videojet.	Preparação da videojet.	-
LIPBALM CT / SUN	Setup shrinkadora.	Setup shrinkadora. Setup etiquetadora. Abastecimento de pincéis.	Setup shrinkadora. Setup etiquetadora. Abastecimento de pincéis.	Setup shrinkadora. Setup etiquetadora. Abastecimento de pincéis.	Digitar FS e lote code na inkjet	Setup shrinkadora. Preparação da videojet. Abastecimento de pincéis.	Setup shrinkadora. Preparação da videojet. Abastecimento de pincéis.	Setup shrinkadora. Setup etiquetadora. Abastecimento de pincéis.
Lipgloss CT Vial 6ml	Setup inkjet. Ferramental e abastecimento selecionador de tampas.	-	-	-	Setup rotuladeira. Setup inkjet. Ferramental e abastecimento do selecionador de tampas.	Digitar FS e lote code na shrinkadora e na videojet	-	-
Sérum de Unhas	Setup inkjet. Ferramental e abastecimento selecionador de tampas.	-	-	-	Setup rotuladeira. Setup inkjet. Ferramental e abastecimento do selecionador de tampas.	Setup etiquetadora.	Digitar FS e lote code na shrinkadora e na videojet	-
Lipgloss TC Glazewear/Sparkle 6ml	Setup inkjet. Ferramental e abastecimento selecionador de tampas.	-	Preparação da videojet.	-	Setup rotuladeira. Setup inkjet. Ferramental e abastecimento do selecionador de tampas.	Preparação da videojet.	Preparação da videojet.	Digitar FS e lote code na inkjet

Fonte: O próprio autor.

Após fazer a separação de *set-up* interno e externo, restam apenas atividades que só podem ser feitas com a máquina parada, ou seja, atividades internas. O último passo do SMED então, é a aplicação da metodologia ECRS que, como descrito na seção 3.5 deste trabalho, visa eliminar atividades desnecessárias e reduzir o tempo de realização dos procedimentos internos do *set-up*. Examinando o mapeamento realizado na etapa de medição (Figura 15) foi possível identificar as atividades nas quais pode ser aplicado o ECRS para redução no tempo de execução, que são as 14 atividades listadas na Tabela 4.

Tabela 4: Lista de atividades que podem ser otimizadas por meio da aplicação do ECRS.

	Atividade	Executor	Duração
Envasadora			
1	Busca de puc para ajuste da envasadora	Operador B	00:00:30
2	Busca de frascos para ajuste da envasadora	Operador B	00:00:31
3	Procura da régua centralizadora de frascos do próximo formato	Operador B	00:03:39
4	Busca da régua centralizadora de frascos do próximo formato no almoxarifado	Operador B	00:00:24
5	Procurando ferramentas	Operador B	00:00:30

Selecionador de Frascos			
6	Busca do carrinho com os funis de posicionamento do frasco do próximo formato	Abastecedor	00:00:32
7	Guardou o carrinho dos funis de posicionamento de frasco	Abastecedor	00:00:33
Tampadora			
9	Organização de ferramentas do carrinho de <i>set-up</i> para troca de ferramental da tampadora	Operador A	00:02:03
10	Busca de pano para limpeza	Operador A	00:00:27
Alimentador de Tampas			
11	Escolha de ferramentas para desrosqueamento	Operador A	00:00:22
12	Movimentação até o carrinho de <i>set-up</i> para busca da calha do próximo formato	Operador A	00:00:14
13	Caminhada até o carrinho de <i>set-up</i> para busca da calha contínua do próximo formato	Operador A	00:00:12
Ajustes tampadora e alimentador de tampas			
14	Busca de <i>pucks</i> com componentes para ajuste	Operador A	00:00:24

Fonte: O próprio autor.

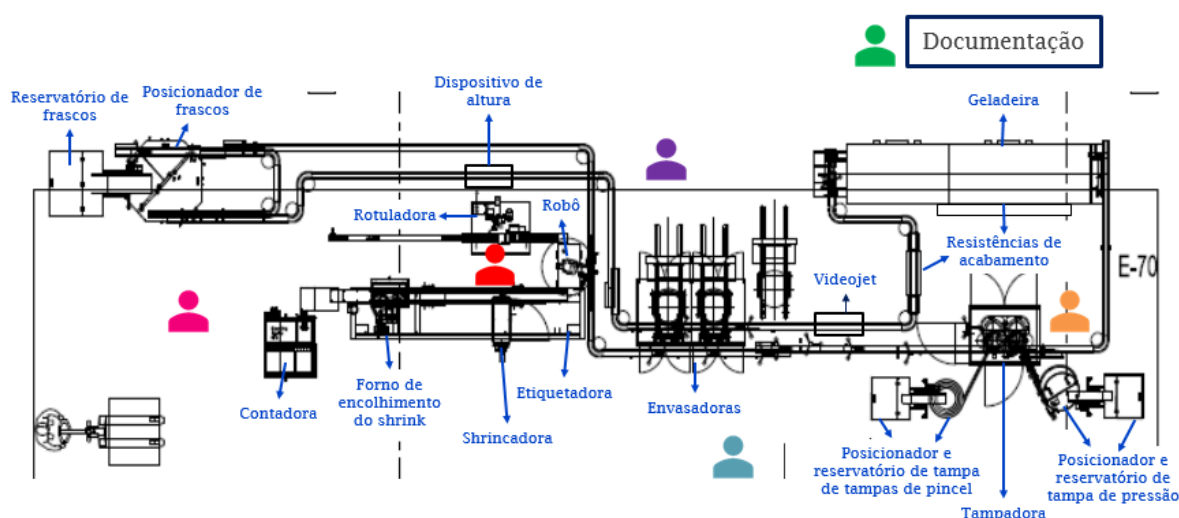
Do ponto de vista da aplicação da metodologia ECRS, a maior parte das atividades desta tabela (como por exemplo procura de peças e deslocamento para busca de ferramentas) podem ser eliminadas por meio da utilização de um carrinho de *set-up* contendo todas as peças e ferramentas que serão utilizadas durante o *set-up*, portanto uma das ações foi treinamento da equipe para utilização de um carrinho de *set-up*.

Visando agilizar e reduzir o deslocamento dos integrantes da equipe durante o *set-up* (etapa reduzir do ECRS) algumas atividades foram realocadas. Outras atividades foram combinadas, ou seja, o operador, que antes realizava o *set-up* de um equipamento sozinho, transferiu algumas de suas atividades para o auxiliar, de forma que durante o *set-up* a combinação da atividade de ambos reduza o tempo de *set-up* e a distância de deslocamento dos mesmos.

Para fazer isto, foi feito um estudo prévio do fluxo dos equipamentos da linha e do posicionamento das pessoas antes do início do *set-up*, (que é ilustrado na Figura 26) e a partir disso foi estabelecida uma ordem de atividades para cada integrante da equipe (Quadro 3). Por exemplo, o operador 1, que é responsável pela operação dos equipamentos que estão à direita do layout da linha (como envasadora, tampadora,







etc), inicia o *set-up* na envasadora e logo em seguida se dirige à “shrinkadora” (ou rotuladora), sem se deslocar muito. Outro exemplo é o trajeto do auxiliar 3, que é responsável pela verificação da qualidade dos produtos na saída da “shrinkadora” (ou rotuladora) durante a produção. No momento do *set-up* seu papel é auxiliar o operador 1 no *set-up* da “shrinkadora” (ou rotuladora) e dos equipamentos alocados nas proximidades, desta forma, o *set-up* é agilizado e elimina-se o deslocamento que o auxiliar realizava anteriormente.

Figura 26: Distribuição da equipe na linha antes do início do *set-up*.



Fonte: O próprio autor.

Quadro 3: Divisão de atividades do *set-up*

ETAPAS	OPERADOR 1 	OPERADOR 2 	AUXILIAR 1 	AUXILIAR 2 	AUXILIAR 3 	ABASTECEDOR 
1	1. Finalização da envasadora. Sangria e ajuste de parâmetros da envasadora, geladeira (velocidade) e robô	1. Abertura da saída de pucs e posicionamento da caixa de pucs	1. Retrabalho	1. Retirada de frascos	1. Troca de shrink/etiqueta, auxílio no setup dos equipamentos e organização geral pós setup da shrinkadora.	1. Setup Alimentador de frascos
2	2. Shrinkadora/Rotuladeira/Inkjet	2. Tampadora (ferramental e ajustes)	2. Finalização da documentação formato anterior e despacho de material. Início da documentação do próximo formato.	2. Retirada de pucs próximo à envasadora	2. Ajuste contadora	2. Abastecimento de frascos
3	3. Ajuste Etiketadora 4. Ajuste Videojet 5. Ajuste de temperatura da resistência			3. Retirada de tampas		3. Abastecimento de tampas
4	5. Ajuste de peso envasadora			4. Colocação de pucs do próximo formato	3. Pesagem e descarte de frascos na saída da envasadora	4. Setup dispositivo de altura 5. Colocação do restante dos pucs e organização das caixas de pucs

Fonte: O próprio autor.

Na última etapa de aplicação do ECRS, visando simplificar algumas das atividades envolvendo utilização de ferramentas, foram pontuados os locais onde podem ser colocados manípulos (Figura 27).

Figura 27: Identificação dos locais onde podem ser utilizados manípulos para reduzir o tempo de *set-up*.



Fonte: O próprio autor.

Além disso, na etapa simplificar também avaliou-se junto aos técnicos mecânico e eletrônico os pontos onde pode ser feita a padronização dos parâmetros dos equipamentos de modo a simplificar o ajuste dos mesmos e então criou-se tabelas e receitas nos computadores de cada equipamento para registro destes parâmetros.

4.2.3.3 Tempo de partida/desligamento

Como observado na fase de medição, a geração da perda de tempo de partida/desligamento está na duração das etapas do fluxo dos tachos mapeado na

Figura 17. Por isto, é necessário analisar cada uma delas para identificar as possíveis causas desta perda e oportunidades de melhoria.

A etapa de preparação de FI foi analisada utilizando-se a ferramenta dos 5 porquês, e os resultados estão apresentados na Figura 28. Por meio desta análise é possível notar que grande parte da perda no tempo de preparação é inerente ao processo devido às necessidades e características do FI. Desta forma, foram propostas ações para reduzir o tempo de preparo respeitando estas necessidades.

Figura 28: Análise da perda de tempo na preparação do FI por meio da ferramenta dos 5 porquês.

Qual é o fenômeno?	Perda de tempo na preparação do FI				✖ NÃO É CAUSA RAIZ ✔ É CAUSA RAIZ
Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Ação
✖ Longo tempo de aquecimento do FI	✖ Dificuldade de derretimento e homogeneização do FI	✖ Hélices não fazem a quebra do FI eficiente do FI para homogeneização rápida do mesmo	✖ Hélices não possuem formato cortante e velocidade alta	✔ FI não pode ser cortado e agitado vigorosamente para evitar bolhas ao aeração do mesmo e geração de bolhas	Instalar função de reverter o sentido de rotação da hélice para facilitar quebra de FI sem aerá-lo.
✖ Longo tempo de resfriamento do FI	✖ Sistema de resfriamento do tacho é lento	✖ Aquecimento e resfriamento são feitos por meio de circulação de água no tacho, porém para o resfriamento é necessário aguardar o resfriamento natural da água.	Não é utilizada água fria para resfriar o tacho.	✔ FI não pode sofrer mudança rápida de temperatura para não sofrer cristalização.	-
✖ Preparo do FI feito sem a devida antecedência para o envase	✔ Falta de controle e planejamento do tempo de preparo para envase				Criação de método de controle do tempo de preparo do FI para envase nos tachos.
✖ Preparo do FI mais longo quando feito de um turno para o outro	✖ Falta de comunicação entre os turnos a respeito do tempo de realização das etapas de preparo	✔ Falta de controle e planejamento do tempo de preparo para envase			Criação de método de controle do tempo de preparo do FI para envase nos tachos.

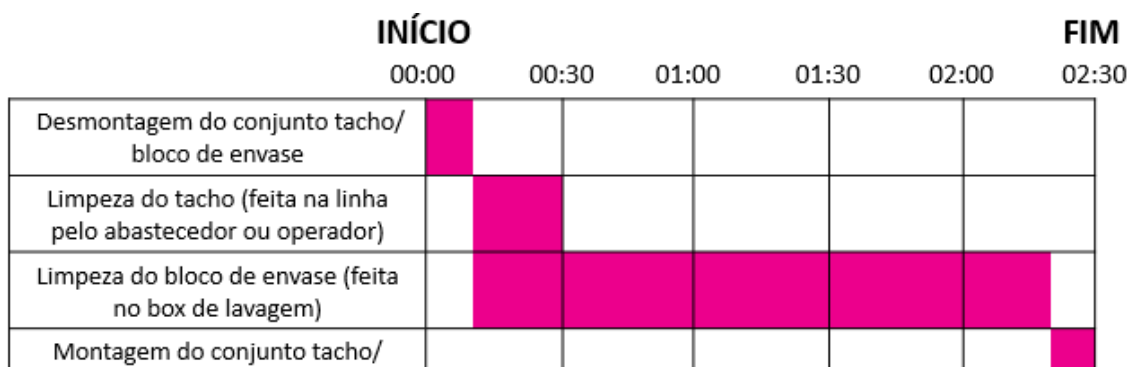
Fonte: O próprio autor.

Na etapa de envase, a causa raiz da perda é o tamanho reduzido dos lotes de produção. Portanto, para reduzir esta perda buscou-se entender qual é o sistema de loteamento ideal para a linha.

Os tachos da linha possuem capacidade de 80kg, então o tamanho de lote mínimo que se deve ter é o lote com a quantidade de unidades resultante de 80kg de FI (ou seja, utilização de um tacho cheio). Porém além disso, se o lote for maior que 80kg e menor que 160kg será necessário distribuir esta quantidade de FI em dois tachos, e nenhum dos dois estará totalmente cheios, o que continuará gerando a perda. Portanto, após uma análise do tempo de envase para cada quantidade de FI no tacho, chegou-se à conclusão de que o loteamento ideal para a linha seria de forma que os tachos sempre partissem de 80kg, e que para quantidades acima disso fossem feitos lotes múltiplos de 40kg (ou seja: 80kg, ou 120kg, ou 160kg, ou 200kg e assim por diante).

Por último, para análise da etapa de limpeza do tacho para entendimento da causa raiz do longo tempo gasto na mesma, realizou-se o mapeamento deste processo (Figura 29). Por meio deste mapeamento é possível perceber que o gargalo do processo é a limpeza do bloco de envase, que é feita no box de lavagem. Porém, por ser uma etapa realizada por uma outra área que faz não somente a limpeza dos itens da linha E70 mas também de todas as outras linhas da fábrica, não há muitas oportunidades de melhoria neste âmbito. Por isso, a solução encontrada foi a compra de um bloco de envase novo, o que oferece mais tempo para o box de lavagem efetuar a limpeza e elimina a perda de espera pelo bloco de envase na linha.

Figura 29: Mapeamento do processo de limpeza do tacho.

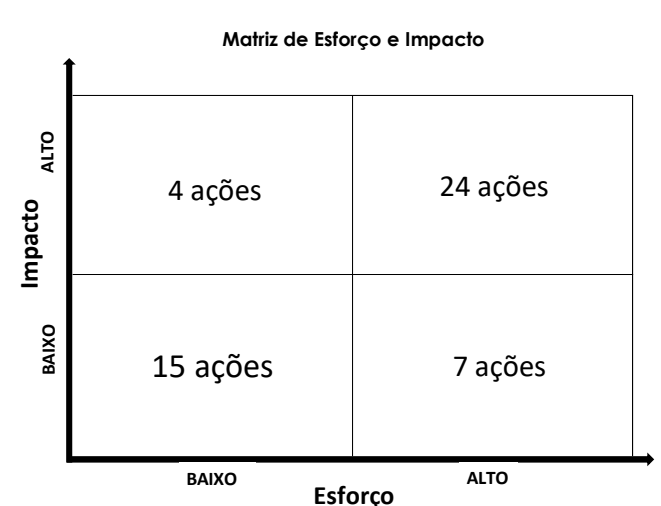


Fonte: O próprio autor.

4.2.4 Implementar Melhorias

Os 50 problemas levantados no *Brainstorming* realizado na fase definir e analisados na fase de análise, geraram ações. O objetivo da etapa de implementação de melhorias é executar as ações visando eliminar a causa raiz dos problemas e portanto a perda na linha. Neste momento, mais importante do que realizar todas as ações geradas é selecionar as ações que possuem maior potencial de redução de perda na linha. Para isso, foi realizada a priorização das ações por meio da ferramenta matriz esforço-impacto descrita na seção 3.3.4. O resultado obtido encontra-se ilustrado na Figura 30.

Figura 30: Priorização das ações geradas por meio da utilização da ferramenta matriz esforço-impacto.



Fonte: O próprio autor.

A partir da priorização feita, optou-se por cancelar 15 ações: 7 ações que requerem um alto esforço para um impacto muito baixo (quarto quadrante segundo (MARTINS, 2019)), e mais 8 ações do quadrante II, que representam um alto impacto porém com um esforço de implementação tão alto que as tornam inviáveis.

As 35 ações restantes foram organizadas em um plano de ação com responsável e prazo de conclusão para monitoramento do andamento da execução das ações, e este encontra-se na Figura 31.

Figura 31: Plano de ação com responsável e prazo de execução.

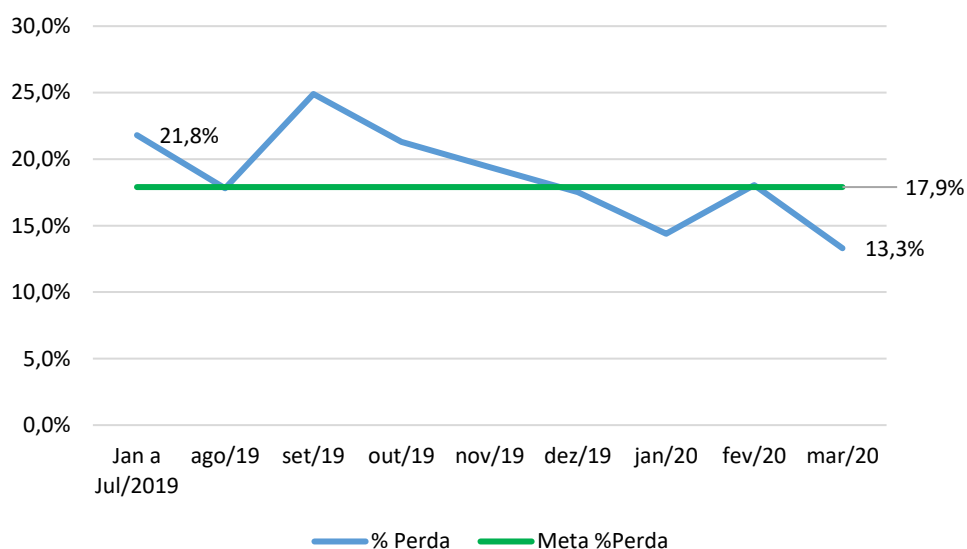
PERDA	EQUIPAMENT	PROBLEMA	AÇÃO	RESPONSÁVEL	PRAZO
AJUSTE	ENVASADORA	Dificuldade de ajuste de peso	Fazer a troca dos cabos de aço do sistema de ajuste fino para eixos cardan.	Técnico mecânico	01/12/2019
AJUSTE	ENVASADORA	Variação de peso	Instalar molas nos pistões que sejam capazes de fornecer a força necessária para que eles resistam ao peso do FI e não modifiquem seu curso.	Técnico mecânico	01/12/2019
AJUSTE	ENVASADORA	Vazamentos nos cabeçotes de envase	Trocar o material das gaxetas para viton.	Técnico de set-up	01/12/2019
AJUSTE	ENVASADORA	Vazamentos nos cabeçotes de envase	Compra de novas agulhas.	Técnico mecânico	01/01/2020
AJUSTE	ENVASADORA	Vazamentos nos bicos de envase	Instalação de um regulador para definir a pressão de trabalho do atuador que movimenta as agulhas.	Técnico mecânico	01/12/2019
AJUSTE	TAMPADORA	Falha na aplicação de tampa de pincel	Refazer o projeto para obter alinhamento na transferência da tampa de pincel do cap in head para o mandril	Engenharia	01/12/2019
AJUSTE	TAMPADORA	Falha na aplicação de tampa de pressão	Manutenção para corrigir desalinhamento na torre de aplicação de tampas	Técnico mecânico	01/01/2020
AJUSTE	SHRINCADORA	Variação na aplicação de shrinks	Troca dos rolos de tração do shrink e reestabelecimento da manutenção preventiva periódica	Técnico mecânico	01/01/2020
AJUSTE	SHRINCADORA	Variação na aplicação de shrinks	Troca dos atuadores e reestabelecimento da manutenção preventiva periódica	Técnico mecânico	01/02/2020
AJUSTE	SHRINCADORA	Variação na aplicação de shrinks	Nivelamento das shrincadoras	Técnico mecânico	01/02/2020
AJUSTE	SHRINCADORA	Variação na aplicação de shrinks	Afastamento físico dos sensores eletromagnéticos	Técnico elétrico	01/01/2020
AJUSTE	ETIQUETADORA	Variação na aplicação de etiquetas	Modificação da posição do sensor de aplicação de etiquetas para facilitar ajuste	Técnico elétrico	01/01/2020
AJUSTE	ETIQUETADORA	Variação na aplicação de etiquetas	Treinamento da equipe para realização do ajuste do sensor e realização de limpeza da cola residual em todo set-up	Simone	01/03/2020
AJUSTE	ETIQUETADORA	Variação na aplicação de etiquetas	Troca do sensor do robô que antecede a etiquetadora para colocação mais precisa dos produtos para evitar quebra da etiqueta	Técnico elétrico	01/12/2019
AJUSTE	ETIQUETADORA	Variação na aplicação de etiquetas	Reestabelecimento da manutenção periódica do equipamento	Técnico elétrico/mecânico	01/02/2020
TEMPO DE PARTIDA/DESLI GAMENTO	TACHO	Perda de tempo na preparação do FI	Instalar função de reverter o sentido de rotação da hélice para facilitar quebra de FI sem aerá-lo.	Técnico elétrico/mecânico	01/12/2019
TEMPO DE PARTIDA/DESLI GAMENTO	TACHO	Perda de tempo na preparação do FI	Criação de método de controle do tempo de preparo do FI para envase nos tachos.	Simone	01/12/2019
TEMPO DE PARTIDA/DESLI GAMENTO	TACHO	Lotes muito pequenos	Criação de sistema de loteamento ideal para a linha	Simone	01/12/2019
TEMPO DE PARTIDA/DESLI GAMENTO	TACHO	Longo tempo de limpeza do bloco de envase no box de lavagem	Compra de novo bloco de envase	Simone	01/03/2020
SET-UP CHANGEOVER	ENVASADORA	Falta de peças para utilização dos dois lados da envasadora para adiantar o set-up	Compra de peças para completar os conjuntos e realização do set-up da envasadora com antecedência	Simone	01/12/2019
SET-UP CHANGEOVER	ENVASADORA	Queimas recorrentes das peças de aquecimento inviabilizam a utilização dos dois lados da envasadora	Melhoria da parte elétrica da envasadora para evitar queimas recorrentes nas peças de aquecimento	Técnico elétrico	01/12/2019
SET-UP CHANGEOVER	ENVASADORA	Queimas recorrentes das peças de aquecimento inviabilizam a utilização dos dois lados da envasadora	Compra de peças de aquecimento reservas para troca imediata das mesmas se ocorrerem queimas	Simone	01/12/2019
SET-UP CHANGEOVER	-	Perda de tempo durante o set-up com o pedido e organização de materiais do próximo produto de linha	Treinamento da equipe para pedido e organização dos materiais do próximo produto de linha com antecedência	Simone	01/12/2019
SET-UP CHANGEOVER	-	Perda de tempo durante o set-up realizando atividades externas internamente	Treinamento da equipe para realização do set-up externo antes da parada da máquina (criação da matriz de-para)	Simone	01/01/2020
SET-UP CHANGEOVER	-	Perda de tempo durante o set-up com deslocamento e atividades desnecessárias	Reorganização das atividades de set-up dos integrantes da equipe para redução do tempo de set-up (aplicação ECRS)	Simone	01/12/2019
SET-UP CHANGEOVER	-	Perda de tempo durante o set-up com deslocamento e atividades desnecessárias	Treinamento da equipe para utilização de carrinhos de set-up	Simone	01/12/2019
SET-UP CHANGEOVER	-	Perda de tempo durante o set-up com utilização de ferramentas	Colocação de manipuladores nos pontos que for possível	Técnico mecânico	01/02/2020
SET-UP CHANGEOVER	-	Perda de tempo durante o set-up com ajuste e busca do parâmetro ideal para cada produto	Padronização dos parâmetros dos equipamentos (criação de tabelas com parâmetros)	Simone/Técnico mecânico	01/01/2020
SET-UP CHANGEOVER	-	Perda de tempo durante o set-up com ajuste e busca do parâmetro ideal para cada produto	Padronização dos parâmetros dos equipamentos (criação de receitas para cada produto nas IHMs dos equipamentos)	Simone/Técnico elétrico	01/12/2019
SET-UP CHANGEOVER	TAMPADORA	Perda de tempo durante o set-up para fazer a alteração do modo automático para o modo manual de aplicação de tampas de pincel (e vice versa)	Instalação de um sistema pneumático de troca por chaves para eliminar o uso de ferramentas e reduzir o tempo de set-up	Técnico mecânico	01/12/2019
OPERACIONAL	-	Desmotivação da equipe.	Avaliar engajamento do time	Gestor	01/03/2020
OPERACIONAL	-	Falta de operadores com conhecimento para operar a linha em caso de falta/férias.	Disponibilizar mais um operador para a manhã e um operador para a tarde para ser treinado para operar a linha	Gestor	01/03/2020
PERFORMANCE	-	Falta de pucks gera pequenas paradas na envasadora	Compra de pucks	Técnico de set-up	01/03/2020
PERFORMANCE	-	Esteiras da saída da tampadora lentas por conta de posicionamento incorreto do encoder da videojet	Posicionamento do encoder da videojet na esteira correta	Técnico mecânico	01/03/2020
PERFORMANCE	-	Esteiras das resistências de acabamento lentas para todos os produtos	Programar as esteiras das resistências para lentidão apenas quando estas forem utilizadas para aquecer e dar o acabamento no produto. Manter as rápidas quando não for utilizada a resistência.	Técnico elétrico	01/03/2020

Fonte: O próprio autor.

4.2.5 Controlar

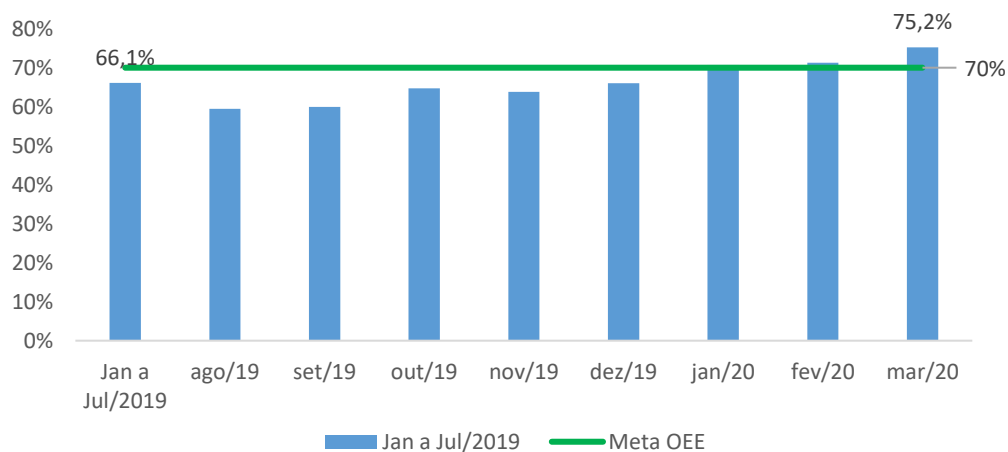
As melhorias implementadas na fase anterior foram refletidas positivamente na evolução do OEE e da % de perda das quatro principais perdas da linha tratadas (ajustes, *set-up*, tempo de partida/desligamento e *changeover*), como é possível observar nos gráficos das Figuras Figura 32 e Figura 33.

Figura 32: Gráfico da evolução da % perda de ajustes, *set-up*, tempo de partida/desligamento e *changeover* ao longo do projeto.



Fonte: O próprio autor.

Figura 33: Gráfico da evolução do OEE (%) ao longo do projeto.



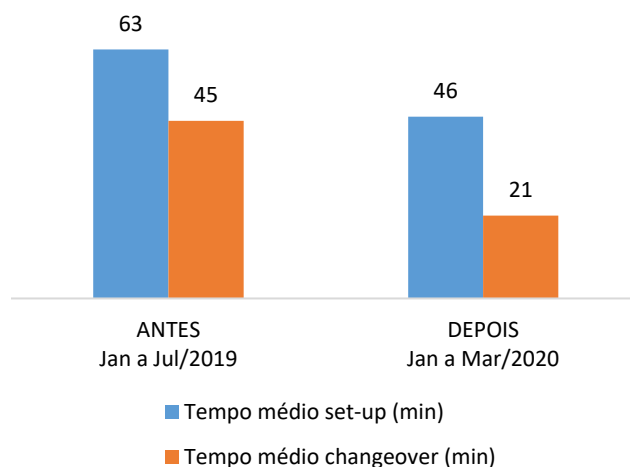
Fonte: O próprio autor.

O primeiro valor de cada gráfico (Jan a Jul/2019) representa a situação dos indicadores antes do início do projeto. No que se refere a soma das quatro principais perdas tratadas nota-se uma variação nos primeiros meses seguida de um decréscimo contínuo no indicador até atingimento da meta no mês de dezembro de 2019. O indicador cai ainda mais no mês seguinte ficando 3,5 pontos percentuais abaixo da meta, indicando uma redução da % de perda acima do que era esperado. Nos últimos 3 meses de projeto há novamente uma variação devido a uma anomalia na “shrinkadora” ocorrida no mês de fevereiro de 2020, que acabou impactando na % de perda em ajustes e elevando a soma da % perda deste mês para 18% (0,1% acima da meta). Porém, o problema foi corrigido ainda no mês de fevereiro, e no mês de março e o indicador se recupera e se estabiliza bem abaixo da meta proposta (de 13,3%).

Quando se observa o indicador de eficiência global dos equipamentos (OEE) nota-se uma queda acentuada nos primeiros meses, resultante de uma mudança de cenário da companhia que gerou aumento da quantidade de *set-ups* em decorrência de lotes menores de produção. Após esta queda o indicador foi sendo reestabelecido mês a mês até dezembro de 2019, e a partir daí sofreu aumento até uma estabilização acima da meta de 70% nos últimos 3 meses de projeto. Portanto, apesar da variação observada nos gráficos da evolução dos indicadores de % de perda e OEE ao longo do projeto, ambos apresentaram o comportamento esperado (queda da % perda e aumento do OEE) atingindo um resultado melhor do que a meta definida.

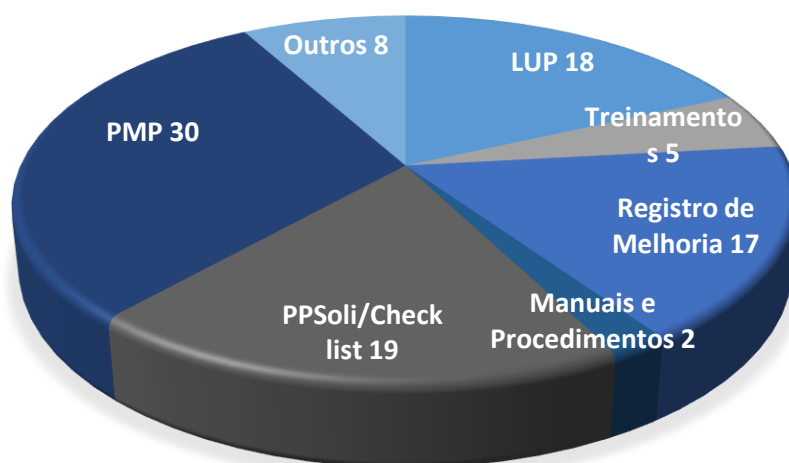
Outro indicador que apresentou queda significativa ao longo do projeto foi o tempo médio de *set-up* e *changeover*. No gráfico da Figura 34 é possível observar que o tempo médio de realização do *set-up* ferramental caiu de 63 minutos para 46 minutos, uma queda de aproximadamente 28% em relação ao cenário antes do início do projeto. O tempo médio de realização do *changeover* sofreu uma redução ainda maior, saindo de 45 minutos para 21 minutos (redução de aproximadamente 53%).

Figura 34: Gráfico da redução do tempo médio de *set-up* e *changeover* resultante do projeto.



Tendo em vista os ganhos atingidos nos indicadores após a implementação das melhorias, o objetivo da fase controlar é fornecer uma base sólida de controle destes indicadores para sustentar os ganhos obtidos. Para isso, foi desenvolvido um total de 99 ferramentas para monitorar o desempenho dos indicadores da linha e fazer a incorporação das melhorias realizadas durante o projeto na estrutura já existente da companhia. A segmentação destas ferramentas por tipo de controle encontra-se ilustrada no gráfico da Figura 35.

Figura 35: Ferramentas utilizadas no controle do projeto divididas por tipo de controle.



Fonte: O próprio autor.

No total, foram registradas na documentação da linha, 17 melhorias realizadas na fase de implementação do projeto.

Visando melhorar a manutenção preventiva da linha para evitar geração de perdas de eficiência resultantes de falta de manutenção, foram adicionados 30 pontos de verificação e inspeção no Plano de Manutenção Preventiva (PMP) do técnico mecânico, pontos estes detectados na etapa de análise como causas raízes de algumas perdas.

Com o mesmo fim, foram adicionados 19 pontos de checagem nos equipamentos no Padrão Provisório de Segurança, Organização, Lubrificação, Limpeza e Inspeção (PPSoli) da linha. O PPSoli é constituído por uma lista de itens que serve de guia para a verificação de diversos locais da linha. Essa verificação é realizada pela equipe da operação, que observa se os locais pontuados estão no padrão de segurança, organização, lubrificação, limpeza e inspeção pré-definido. O objetivo desta ferramenta é verificar se a linha está em boas condições, sem defeitos ou desvios, além de fornecer autonomia ao operador e contato mais próximo com os equipamentos.

Para redução e otimização do tempo de *set-up*, foi reformulado o procedimento de *set-up* e foi criado um manual com o passo a passo da realização do *set-up* de cada equipamento da melhor forma possível.

Ao longo do projeto também foram definidos pequenos novos procedimentos para utilização das melhorias realizadas nos equipamentos e para realização das atividades do dia a dia de forma organizada. Esses procedimentos são mantidos e documentados por meio da aplicação de pequenos treinamentos escritos para a equipe da linha. Cada um destes pequenos treinamentos é chamado de Lição de Um Ponto (LUP), e eles representam uma forma de controle da geração de perdas de produtividade.

Tendo em vista que as perdas de ajustes, *set-up* e *changeover* são as que representam maior impacto no OEE da linha, foram implementados dois formulários como medidas de controle dessas perdas. O primeiro formulário, apresentado na Figura 36, monitora a % de perda em ajustes diariamente. O segundo formulário (presente na Figura 37) monitora a média de tempo gasto no *set-up* e no *changeover*

em cada turno por dia. Ambos são totalmente preenchidos pelos operadores ao final do turno, e caso um dos indicadores fique abaixo da meta no dia, deve ser gerado um plano de ação visando eliminar a causa do desvio e retornar o indicador para a meta. O objetivo destes formulários é verificar o comportamento dos indicadores em relação à meta estabelecida ao longo do mês e fornecer à equipe da linha uma ferramenta para administrar estes indicadores de forma a ter tempo de reação para recuperação dos mesmos ao longo do mês caso haja desvio.

Figura 36: Formulário de monitoramento diário da % perda em ajustes.

FORMULÁRIO DE CONTROLE DE PERDA POR AJUSTES - PROJETO HOTFULL																				LINHA/GRUPO:		D											
MÊS:																				ANO:													
PERDA POR AJUSTES																																	
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	META:	
27,0%																																	
26,0%																																	
25,0%																																	
24,0%																																	
23,0%																																	
22,0%																																	
21,0%																																	
20,0%																																	
19,0%																																	
18,0%																																	
17,0%																																	
16,0%																																	
15,0%																																	
14,0%																																	
13,0%																																	
12,0%																																	
11,0%																																	
10,0%																																	
9,0%																																	
8,0%																																	
7,0%																																	
6,0%																																	
5,0%																																	
4,0%																																	
3,0%																																	
2,0%																																	
1,0%																																	
TURNO	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	MENSAL
TEMPO GASTO EM AJUSTES (MIN)																																	
TEMPO DE PRODUÇÃO (MIN)																																	
% PERDA AJUSTE																																	

LEGENDA

ROSA 1º TURNO

VERDE 2º TURNO

LARANJA META

PRETO SUPERA AJUSTE

BRANCO META SUPERA AJUSTE

BASE PARA O CÁLCULO

- Tempo gasto em ajustes: 1ºT: 30 min

- Tempo de produção: 1ºT: 510 min

- Se não houver tempo gasto em ajustes: 1ºT e 2ºT: 570 min

- Se não houver tempo de produção mês: (1ºT + 2ºT): 1070

EXEMPLO DE CÁLCULO POR TURNO

- Tempo gasto em ajustes: 1ºT: 30 min

- Tempo de produção: 1ºT: 510 min

$$\frac{30}{510} \times 100 = 5,88\% \approx 5,9\%$$

% PERDA AJUSTE = 5,9%

EXEMPLO DE CÁLCULO POR MÊS

- Se não houver tempo de ajustes de cada dia: 1ºT e 2ºT: 570 min

- Se não houver tempo de produção de cada dia: (1ºT + 2ºT): 1070

$$\frac{570}{1070} \times 100 = 5,32\% \approx 5,3\%$$

% PERDA AJUSTE MENSAL = 5,3%

IMPORTANTE

1. Sempre que a linha rodar e não for FMB deverá ser registrado neste formulário. NÃO registrar FMBs neste formulário.
2. Se não houver parada para ajuste deverá ser registrado somente o tempo de operação e perda de zero %.
3. Elaborar 5 PCs e gerar plano de ação para todos os dias que o indicador ficar ABAIXO da meta

Fonte: O próprio autor.

Figura 37: Formulário de monitoramento diário do tempo médio de *set-up* e *changover*.

CONTROLE DAS PERDAS DE SETUP FERRAMENTAL E DE PRODUTO (PROJETO HOTFULL)																															LINHA:		D		
MÊS:															ANO:																				
PERDA DE SETUP FERRAMENTAL (Código L22)																																			
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	META:			
130																																			
120																																			
110																																			
100																																			
90																																			
80																																			
70																																			
60																																			
50																																			
40																																			
30																																			
20																																			
10																																			
TURNO	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	QUANT. TOTAL		
QUANT. DE SETUPS																																		1T:	2T:
TEMPO POR SETUP (HRS)																																		MÉDIA MENSAL	
																																		1T:	2T:
PERDA DE SETUP TROCA DE PRODUTO (Código L23)																																			
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	META:			
70																																			
60																																			
50																																			
40																																			
30																																			
20																																			
10																																			
TURNO	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	QUANT. TOTAL		
QUANT. DE SETUPS																																		1T:	2T:
TEMPO POR SETUP (HRS)																																		MÉDIA MENSAL	
																																		1T:	2T:

LEGENDA:

META	1º TURNO
VIGIL	2º TURNO
CONTROLE	MÉDIA
—●—	SETUP
—	MÉDIA DE SETUP

IMPORTANTE

1. Neste controle devem ser registrados setups apenas de produtos regulares. NÃO REGISTRAR OS SETUPS DE FMIs.
2. Quando ocorrer mais de um set up no turno, marcar a quantidade de set ups, colocar o tempo de cada set up separado por uma barra e pintar somente a média.
3. Se um setup começar em um turno e terminar no outro, o turno que terminou o setup que deverá registrar no controle.
4. Quando o resultado mensal for um número quebrado, arredondar para cima.
5. O turno que ultrapassar a meta de ferramenta ou de troca de produto no dia, deve fazer o plano de ação referente a causa raiz do problema.

Fonte: O próprio autor.

5 CONCLUSÃO FINAL

Os resultados obtidos ao longo do projeto que deu origem a este trabalho representam o atingimento do objetivo principal e também dos objetivos secundários do mesmo. O objetivo principal foi o aumento do índice de eficiência global (OEE) de uma linha produtiva de maquiagem de uma indústria de cosméticos de 66,1% para 70% por meio da aplicação do método DMAIC em conjunto com as metodologias SMED e ECRS. Para obter este aumento constatou-se que seria necessário reduzir as perdas de ajustes, *set-up*, tempo de partida/desligamento e *changeover* 21,8% para 17,9%. Ao final do trabalho, a soma destas perdas chegou a 13,3%, uma redução significativa em relação à % perda no início do projeto, portanto bem abaixo da meta que foi estabelecida na fase de definição (17,9%). No que se refere ao OEE, observa-se um aumento de 66,1% para 75,2%, 5,2 pontos percentuais acima da meta definida.

Os resultados destes dois principais indicadores focos do projeto indicam o sucesso do mesmo a partir das melhorias e procedimentos implementados por meio da aplicação da metodologia DMAIC em meio aos desafios impostos pelo novo cenário enfrentado pela companhia. Ou seja, na fase de definição do projeto o escopo foi bem definido e o levantamento dos problemas foi feito de forma abrangente. Estes mesmos problemas foram mensurados de forma adequada durante a fase de medição, e analisados minuciosamente durante a fase de análise, tornando possível encontrar as causas raízes de cada problema de forma precisa e gerar as ações necessárias para solucionar os mesmos.

As ferramentas utilizadas na fase de controle do projeto foram fundamentais para manutenção dos resultados obtidos. A maior parte delas são ferramentas padrão da empresa, porém, duas ferramentas em específico foram criadas e implementadas pelo autor deste trabalho na linha estudada e apresentaram importância significativa para controle dos indicadores: os formulários de controle diário da % perda de ajustes e do tempo médio de *set-up* e *changeover*. Por isso, uma sugestão para a área responsável pelo monitoramento dos projetos da fábrica, seria replicar o uso desta ferramenta para os demais projetos com enfoque em redução destas duas perdas.

É importante frisar que os resultados deste trabalho podem variar quando comparado a outras linhas ou até mesmo indústrias de outros setores e com diferentes

processos produtivos. Além disso, também é importante ressaltar que podem haver variações futuras nos indicadores apresentados nesta pesquisa conforme mudanças nos equipamentos da linha e na mudança do cenário vivenciado pela empresa.

Para evitar estas variações, outra ação sugerida seria o gerenciamento antecipado do lançamento de novos produtos nesta linha. A E70 é uma linha capaz de produzir diversos formatos de produtos e com uma eficiência significativa, porém, para que seu OEE não decaia com a inserção de novos produtos em seu portfólio e com o aumento da demanda de produção, é importante que a implementação de novos formatos seja acompanhada da compra de ferramentais de troca rápida para este formato e de treinamento da equipe para a realização do *set-up* com agilidade.

No geral, o trabalho traz uma aplicação completa e eficaz das metodologias DMAIC, SMED e ECRS, que forneceu ganho significativo não só para a linha E70 e sua equipe como também para a empresa como um todo. Isto porque o aumento do OEE gerado por este projeto representa o aumento dos níveis de produtividade da empresa por meio da redução da perda de tempo, resultando em redução de custos e garantia de entrega dos produtos aos clientes de forma rápida e eficiente.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, C.W.; GUPTA, P.; WILSON, C.E. Jr. **Six sigma Deployment**, Elsevier Science, Burlington, 2003.
- AHUJA, I.P.S. et al. **Improved organizational behavior through strategic Total Productive Maintenance implementation**, Paper No. IMECE2006-15783, ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition (IMECE), Chicago, IL, p. 1-8, 2006.
- AHUJA, I.P.S; KHAMBA, J.S. **Total Productive Maintenance: literature review and directions**. Punjabi University, Patiala, India, 2008.
- AL-MISHARI, S. T.; SULIMAN, S. Integrating Six-Sigma with other reliability improvement methods in equipment reliability and maintenance applications. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 14, n. 1, p. 59–70, 2008.
- ANTONY, J. et al. Application of *Six sigma* DMAIC methodology in a transactional environment. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 29, n. 1, p. 31–53, 2012.
- ANTONY, J., **Six sigma vs Lean: Some perspectives from leading academics and practitioners**. Centre for Research in *Six sigma* and Process Excellence and Department of DMEM, University of Strathclyde, Glasgow, UK., 2010. P. 185-186.
- BENJAMIN, S. J.; MARATHAMUTHU, M. S.; MURUGAIAH, U. The use of 5-WHYs technique to eliminate OEE's speed loss in a manufacturing firm. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 21, n. 4, p. 419–435, 2015.
- BEZERRA, C.I.M. et al., MiniDMAIC: an approach to causal analysis and resolution in software development projects, **Quality Management and Six sigma**, 2010.
- BODDY, C. The Nominal Group Technique: An aid to *Brainstorming* ideas in research. **Qualitative Market Research: An International Journal**, v. 15, n. 1, p. 6–18, 2012.
- BURAWAT, P. Productivity improvement of highway engineering industry by implementation of lean *Six sigma*, TPM, ECRS, and 5S: A case study of AAA Co., LTD. **Humanities & Social Sciences Reviews**, v. 7, n. 5, p. 83-92, 2019.
- CARLA, A. N. A.; REIS, B.; PINTO, F. Utilização Do Diagrama De Ishikawa E *Brainstorming* Para Solução Do Problema De. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2009.
- CLETO, M. G.; QUINTEIRO, L., Gestão de projetos através do DMAIC: Um estudo de caso na indústria automotiva. **Revista Produção Online**, v. 11, n. 1, 2011.
- DE FELICE, F. et. al. **Operations Management**. University of Cassino, Department of Civil and Mechanical Engineering, Cassino, Italy, 2013. 272 p.
- EDGEMAN, R. L.; DUGAN, J.P. *Six sigma* from products to pollution to people, **Total Quality Management**, v. 19, n. 1-2, p. 1-9, 2008.
- FOUND, P.; HARRISON, R. Understanding the lean voice of the customer. **International Journal of Lean Six sigma**, v. 3, n. 3, p. 251–267, 2012.

GIBBONS, P. M. et al. **Introducing OEE as a measure of lean *Six sigma* capability.** 2010.

JAIN, A.; BHATTI, R.; SINGH, H. ***Total Productive Maintenance (TPM) implementation practice: a literature review and directions.*** [S.I.][S.D.]

JIRASUKPRASERT, P. et al., A *Six sigma* and dmaic application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process. **International Journal of Lean *Six sigma***, v. 5, n. 1, p. 2–22, 2015.

KASEMSET, C.; BOONMEE, C.; KHUNTAPORN, P. **Application of MFCA and ECRS in waste reduction: A case study of electronic parts factory.** Proceedings of the 2016 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Kuala Lumpur, Malaysia, 2016.

KUMAR, S.; SOSNOSKI, M. Using DMAIC *Six sigma* to systematically improve shopfloor production quality and costs. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 58, n. 3, p. 254–273, 2009.

MARTINS, M. **Matriz Esforço x Impacto: o que é e para que serve?**, 2019. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/matriz-esforco-impacto>>. Acesso em: 23 de setembro de 2020.

MUCHIRI, P.; PINTELON, L. Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 13, p. 3517-3535, 2008.

PYZDEK, T. **The *Six sigma* Revolution**, [S.I.], 2000. Disponível em: <<http://www.pyzdek.com/six-sigma-revolution.htm>>. Acesso em: 30 de novembro de 2019.

SÁNCHEZ-THOMPSON, R. O. **Suppliers Information Exchange Process Optimization.** Industrial and Systems Engineering Department, Polytechnic University of Puerto Rico, [S.I.], 2019.

SHINGO, S. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System.** Productivity Press. Cambridge, MA, 1985.

SILVA, J. P. A. R. **OEE – A Forma de Medir a Eficácia dos Equipamentos.** [S.I.], 2013.

SINGH, B. J.; KHANDUJA, D. SMED: for quick *changeovers* in foundry SMEs. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 59, n. 1, p. 98-116, 2010.

SOWMYA, K.; CHETAN N. **A Review on Effective Utilization of Resources Using Overall Equipment Effectiveness by Reducing Six Big Losses.** Department of Industrial Engineering and Management, Dr. Ambedkar Institute of Technology, Bangalore, Karnataka, India, 2016.

STAMATIS, D.H., ***Six sigma* Fundamentals: A Complete Guide to the System, Methods and Tools**, Productivity Press, New York, 2004.

SUZUKI, T. **TPM em Indústrias de Processo.** 1. ed. New York: Portland: Productivity Press, 1994.

TJAHJONO, B. et al. **Six sigma: A literature reiew.** Manufacturing Department, School of Applied Sciences, Cranfield University, Cranfield, Bedford MK43 0AL, UK., 2010.

TOLEDO, J. C. DE; LIZARELLI, F. L.; SANTANA JUNIOR, M. B. Success factors in the implementation of statistical process control: action research in a chemical plant. **Production**, v. 27, n. 0, p. 1–14, 2017.

TOM DIECK, M. C.; JUNG, T.; HAN, D. I. Mapping requirements for the wearable smart glasses augmented reality museum application. **Journal of Hospitality and Tourism Technology**, v. 7, n. 3, p. 230–253, 2016.

WAJANAWICHAKON, K.; SRIMITEE, C. ECRS's Principles for a drinking water production plant. **Journal of Engineering**, v. 2, n. 5, p. 956-960, 2012.

WATSON, G. H.; DEYOUNG, C. F., Design for *Six sigma*: caveat emptor, **International Journal of Lean Six sigma**, v. 1, n. 1, p.66-68, 2010.

WERKEMA, C. **Criando a cultura seis sigma.** Volume 1. [S.l.] Werkema Editora, 2004.

ZIEGEL, E. R.; JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Juran's Quality Control Handbook.** [s.l: s.n.]. v. 32, 2006.